



การประยุกต์ใช้วิธีอัลกอริทึมการหาค่าเหมาะสมแบบวัชพีชกรฐานเพื่อปรับปรุงโค้งควบคุมของอ่าง
เก็บน้ำ

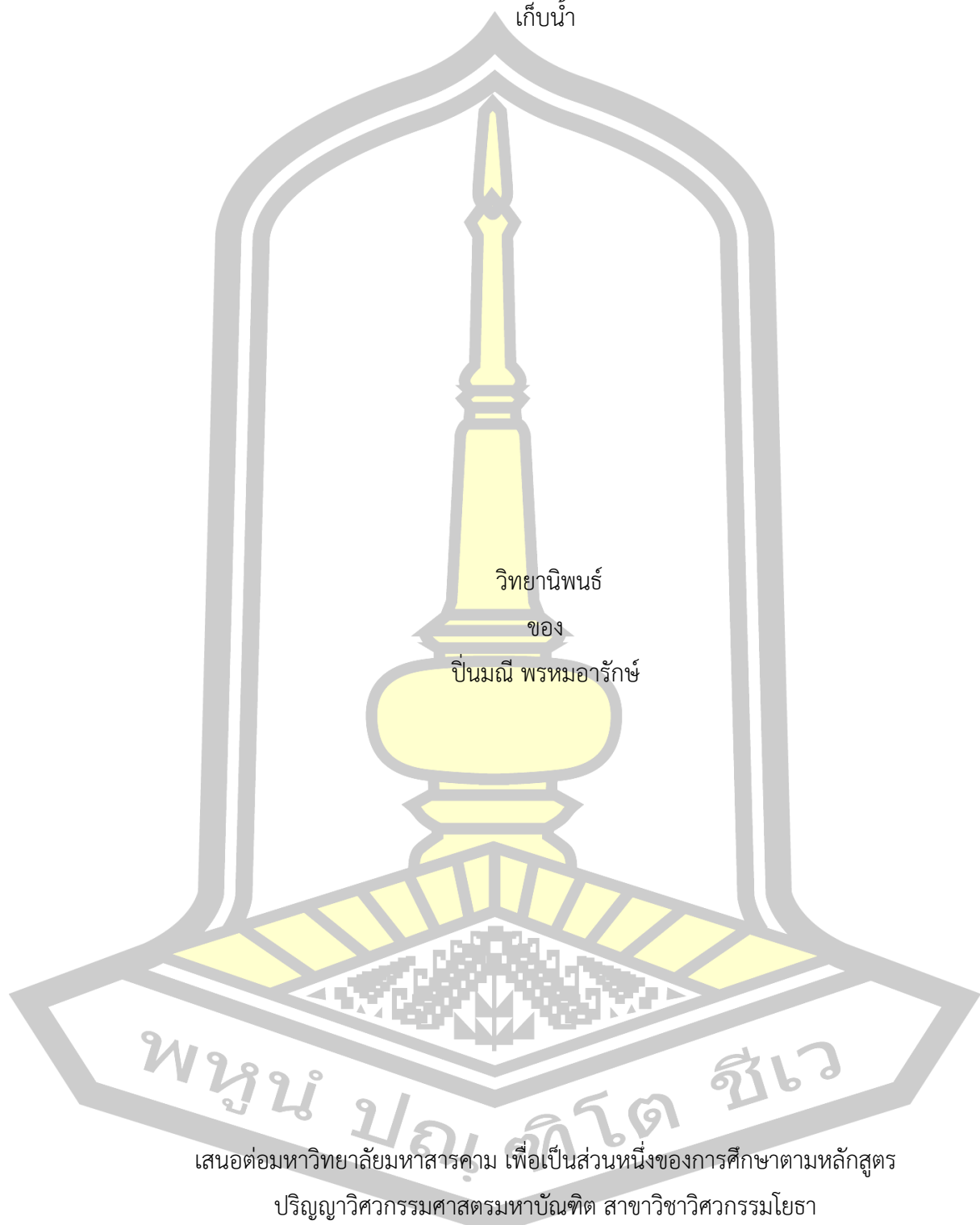
วิทยานิพนธ์
ของ
ปิ่นมณี พรหมอารักษ์

เสนอต่อมหาวิทยาลัยมหาสารคาม เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา

ธันวาคม 2567

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยมหาสารคาม

การประยุกต์ใช้วิธีอัลกอริทึมการหาค่าเหมาะสมแบบวัชพีชุกรานเพื่อปรับปรุงโค้งควบคุมของอ่าง
เก็บน้ำ



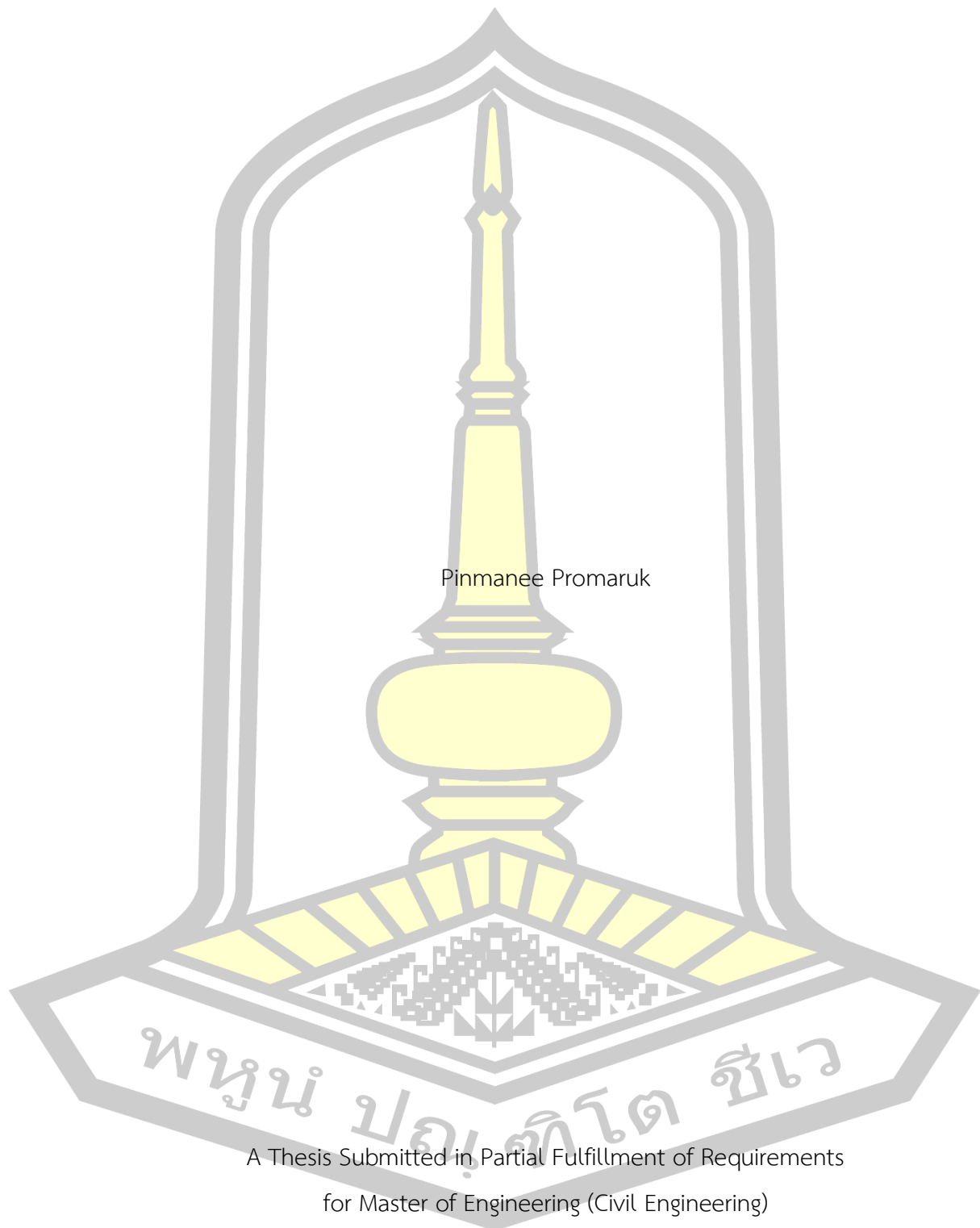
เสนอต่อมหาวิทยาลัยมหาสารคาม เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร

ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา

ธันวาคม 2567

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยมหาสารคาม

Optimal Reservoir Operation using Invasive Weed Optimization Algorithm.



Pinmanee Promaruk

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of Requirements
for Master of Engineering (Civil Engineering)

December 2024

Copyright of Mahasarakham University



คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ได้พิจารณาวิทยานิพนธ์ของนางสาวปิ่นมณี พรหม
อารักษ์ แล้วเห็นสมควรรับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตร
มหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา ของมหาวิทยาลัยมหาสารคาม

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

ประธานกรรมการ

(ผศ. ดร. หริส ประสารฉ่ำ)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(ศ. ดร. อนงค์ฤทธิ์ แข็งแรง)

กรรมการ

(ผศ. ดร. ศีวา แก้วปลั่ง)

กรรมการ

(ผศ. ดร. รัตนา หอมวิเชียร)

มหาวิทยาลัยอนุมัติให้รับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญา วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา ของมหาวิทยาลัยมหาสารคาม

(รศ. ดร. จักรมาส เลหาวนิช)

คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์

(รศ. ดร. กวิสน์ ชัยมูล)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

ชื่อเรื่อง	การประยุกต์ใช้อัลกอริทึมการหาค่าเหมาะสมแบบวิซซิทูกรานเพื่อปรับปรุงโค้งควบคุมของอ่างเก็บน้ำ		
ผู้วิจัย	ปิ่นมณี พรหมอารักษ์		
อาจารย์ที่ปรึกษา	ศาสตราจารย์ ดร. อนงค์ฤทธิ์ แข็งแรง		
ปริญญา	วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต	สาขาวิชา	วิศวกรรมโยธา
มหาวิทยาลัย	มหาวิทยาลัยมหาสารคาม	ปีที่พิมพ์	2567

บทคัดย่อ

การบริหารจัดการน้ำในอ่างเก็บน้ำอย่างมีประสิทธิภาพเป็นปัจจัยสำคัญในการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้งานทรัพยากรน้ำให้เกิดประโยชน์สูงสุด งานวิจัยนี้นำเสนอวิธีการใหม่ที่เหมาะสมอัลกอริทึมการเพิ่มประสิทธิภาพวิซซิทูกราน (Invasive Weed Optimization - IWO) เข้ากับแบบจำลองการจำลองอ่างเก็บน้ำ เพื่อปรับปรุงเส้นโค้งการควบคุมของอ่างเก็บน้ำ การศึกษานี้ได้เลือกอ่างเก็บน้ำพุธรอุทยานในเขตอำเภอเมือง จังหวัดอำนาจเจริญ เป็นกรณีศึกษาโดยให้ความสำคัญกับประโยชน์ของอ่างเก็บน้ำดังกล่าวในด้านการเกษตร การชลประทาน และการบริโภคในท้องถิ่นของประชาชนในเขตอำเภอเมือง งานวิจัยนี้ได้ประเมินประสิทธิภาพของเส้นโค้งควบคุมใหม่ในการดำเนินการจัดการน้ำของอ่างเก็บน้ำ โดยใช้ชุดข้อมูลปริมาณน้ำที่ไหลเข้าอ่างเก็บน้ำแบบสังเคราะห์ที่ครอบคลุมระยะเวลา 500 ปี เพื่อวิเคราะห์ความถี่ ปริมาตร และระยะเวลาของการปล่อยน้ำในสภาวะที่เกิดการขาดแคลนและการไหลล้น พร้อมเปรียบเทียบกับเส้นโค้งควบคุมที่ใช้งานอยู่ในปัจจุบัน ผลการวิจัยพบว่าผลการสร้างโค้งควบคุมโดยใช้ข้อมูลน้ำท่าในอดีต โค้งควบคุมใหม่ที่ได้จากการค้นหาด้วยเทคนิควิธีการ Invasive Weed Optimization Algorithm ของอ่างเก็บน้ำพุธรอุทยาน ทั้ง 4 ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ และค่าการใช้น้ำเพื่อการชลประทานแบบค่าจริงและค่าเฉลี่ย พบว่าในทุกโค้งควบคุมอ่างเก็บน้ำ (Rule Curve) ไม่มีการขาดแคลน โค้งควบคุมอ่างเก็บน้ำเดิมมีน้ำไหลส่วนเกินใน 1 ปี คือ 1.09 ล้าน ลบ.ม และมิน้ำไหลส่วนเกินมากที่สุดคือ 7.28 ล้าน ลบ.ม. ในส่วนของโค้งควบคุมอ่างเก็บน้ำ อ่างเก็บน้ำที่ได้จากเทคนิควิธีการ IWO ให้ผลดังนี้คือ มีน้ำไหลส่วนเกิน 1.085 ล้าน ลบ.ม. และมีน้ำไหลส่วนเกินมากที่สุดคือ 7.28 ล้าน ลบ.ม. ส่วนเทคนิควิธีการ GA ให้ผลดังนี้คือ มีน้ำไหลส่วนเกิน 1.07 ล้าน ลบ.ม. และมีน้ำไหลส่วนเกินมากที่สุดคือ 7.22 ล้าน ลบ.ม. สามารถอธิบายได้ว่าเทคนิควิธีการ IWO นั้นมีประสิทธิภาพใกล้เคียงโค้งควบคุมอ่างเก็บน้ำที่ใช้เทคนิควิธีการ GA ในฟังก์ชันวัตถุประสงค์เดียวกัน และมีประสิทธิภาพดีกว่าโค้งควบคุมเดิม จึงเหมาะสมกับเหตุการณ์สถานการณ์น้ำปกติ อีกทั้งสามารถลดการไหลล้นได้ดีกว่าโค้งควบคุมที่ใช้งานอยู่ในปัจจุบันพบว่ามีประสิทธิภาพดีกว่าโค้งควบคุมเดิม กล่าวคือเส้นล่างของโค้งควบคุมจะอยู่ใกล้โค้งควบคุมเส้นเดิมซึ่งระดับของขอบเขตล่างนี้จะทำให้โอกาสที่จะปล่อยน้ำตามความต้องการใช้น้ำเป้าหมายมีมากขึ้น จึงลดปัญหาสถานการณ์การขาดแคลนน้ำและตอบสนองความต้องการใช้น้ำในเขตพื้นที่ชลประทานได้มากกว่าโค้งควบคุมเดิม ที่ใช้อยู่ในสถานการณ์ปัจจุบัน ส่วนเส้นบนของโค้งควบคุมมีค่าสูงกว่าโค้งเดิม ทำให้สามารถเพิ่มปริมาณการเก็บกักน้ำได้มากขึ้น เพื่อลดปัญหาสถานการณ์การไหลล้นได้มากกว่าโค้งควบคุมเดิม ที่ใช้อยู่ในสถานการณ์ปัจจุบัน ซึ่งมีส่วนสำคัญในการส่งเสริมกลยุทธ์การจัดการทรัพยากรน้ำที่ยั่งยืนในภูมิภาค

คำสำคัญ : อัลกอริทึมการเพิ่มประสิทธิภาพวิซซิทูกราน, อัลกอริทึมทฤษฎีเชิงพันธุกรรม, การบริหารจัดการน้ำ, โค้งควบคุมอ่างเก็บน้ำ

TITLE	Optimal Reservoir Operation using Invasive Weed Optimization Algorithm.		
AUTHOR	Pinmanee Promaruk		
ADVISORS	Professor Anongrit Kangrang , Ph.D.		
DEGREE	Master of Engineering	MAJOR	Civil Engineering
UNIVERSITY	Maharakham University	YEAR	2024

ABSTRACT

Effective management of water resources in reservoirs is critical for optimizing their utilization to achieve maximum benefits. This study introduces a novel approach that integrates the Invasive Weed Optimization (IWO) algorithm with a reservoir simulation model to enhance the efficiency of reservoir rule curves. The Phuttha Uthayan Reservoir, located in Mueang District, Amnat Charoen Province, was selected as a case study, with a focus on its contributions to agriculture, irrigation, and local water consumption. The effectiveness of the newly developed rule curves was evaluated using a synthetic dataset of inflows spanning 500 years. The analysis examined the frequency, volume, and duration of water releases under scenarios of both shortages and excess water, comparing the results with the current operational rule curves. The findings indicate that the IWO-generated rule curves, developed based on historical inflow data and across four objective functions, exhibited no water shortages across all scenarios. While the existing rule curves recorded an annual excess of 1.09 million cubic meters and a maximum excess of 7.28 million cubic meters, the IWO-generated curves reduced the annual excess to 1.085 million cubic meters while maintaining the same maximum excess. The Genetic Algorithm (GA) technique yielded slightly lower annual and maximum excesses of 1.07 million cubic meters and 7.22 million cubic meters, respectively. The results demonstrate that the IWO algorithm performs comparably to the GA technique under identical objective functions and outperforms the existing rule curves. The IWO-generated curves are particularly effective under normal water conditions, more efficiently mitigating excess water issues, and enhancing reservoir performance. The alignment of the lower bounds with existing curves increases the likelihood of meeting targeted water demands, while the higher upper bounds allow for greater storage capacity, reducing occurrences of excess water. This research contributes significantly to the development of sustainable water resource management strategies and provides practical insights for improving reservoir operations in the region.

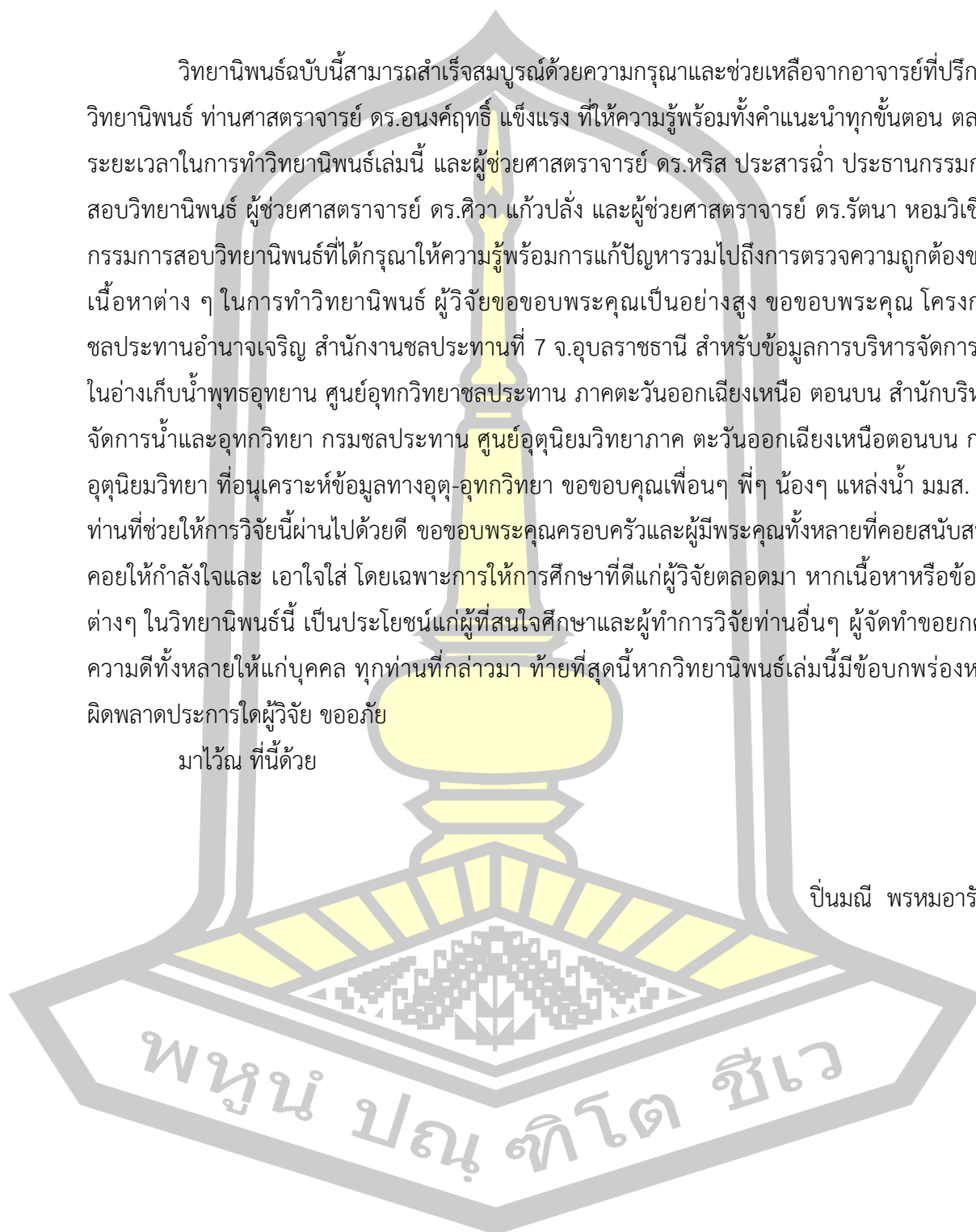
Keyword : Invasive Weed Optimization (IWO) algorithm, Genetic Algorithm (GA), water resources management, reservoir rule curves

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สามารถสำเร็จสมบูรณ์ด้วยความกรุณาและช่วยเหลือจากอาจารย์ที่ปรึกษา วิทยานิพนธ์ ท่านศาสตราจารย์ ดร.อนงค์ฤทธิ์ แข็งแรง ที่ให้ความรู้พร้อมทั้งคำแนะนำทุกขั้นตอน ตลอดระยะเวลาในการทำวิทยานิพนธ์เล่มนี้ และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.หริส ประสารฉ่ำ ประธานกรรมการ สอบวิทยานิพนธ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศิวา แก้วปลั่ง และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.รัตนา หอมวิเชียร กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ที่ได้กรุณาให้ความรู้พร้อมการแก้ปัญหา รวมไปถึงการตรวจความถูกต้องของ เนื้อหาต่าง ๆ ในการทำวิทยานิพนธ์ ผู้วิจัยขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง ขอขอบพระคุณ โครงการ ชลประทานอำนาจเจริญ สำนักงานชลประทานที่ 7 จ.อุบลราชธานี สำหรับข้อมูลการบริหารจัดการน้ำ ในอ่างเก็บน้ำพุทธอุทยาน ศูนย์อุทกวิทยาชลประทาน ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ตอนบน สำนักบริหาร จัดการน้ำและอุทกวิทยา กรมชลประทาน ศูนย์อุตุนิยมวิทยาภาค ตะวันออกเฉียงเหนือตอนบน กรม อุตุนิยมวิทยา ที่อนุเคราะห์ข้อมูลทางอุตุ-อุทกวิทยา ขอขอบคุณเพื่อนๆ พี่ๆ น้องๆ แหล่งน้ำ มมส. ทุก ท่านที่ช่วยให้การวิจัยนี้ผ่านไปด้วยดี ขอขอบพระคุณครอบครัวและผู้มีพระคุณทั้งหลายที่คอยสนับสนุน คอยให้กำลังใจและ เอาใจใส่ โดยเฉพาะการให้การศึกษาที่ดีแก่ผู้วิจัยตลอดมา หากเนื้อหาหรือข้อมูล ต่างๆ ในวิทยานิพนธ์นี้ เป็นประโยชน์แก่ผู้ที่สนใจศึกษาและผู้ทำการวิจัยท่านอื่นๆ ผู้จัดทำขอยกคุณ งามดีทั้งหลายให้แก่บุคคล ทุกท่านที่กล่าวมา ท้ายที่สุดนี้หากวิทยานิพนธ์เล่มนี้มีข้อบกพร่องหรือ ผิดพลาดประการใดผู้วิจัย ขออภัย

มาไว้ ณ ที่นี้ด้วย

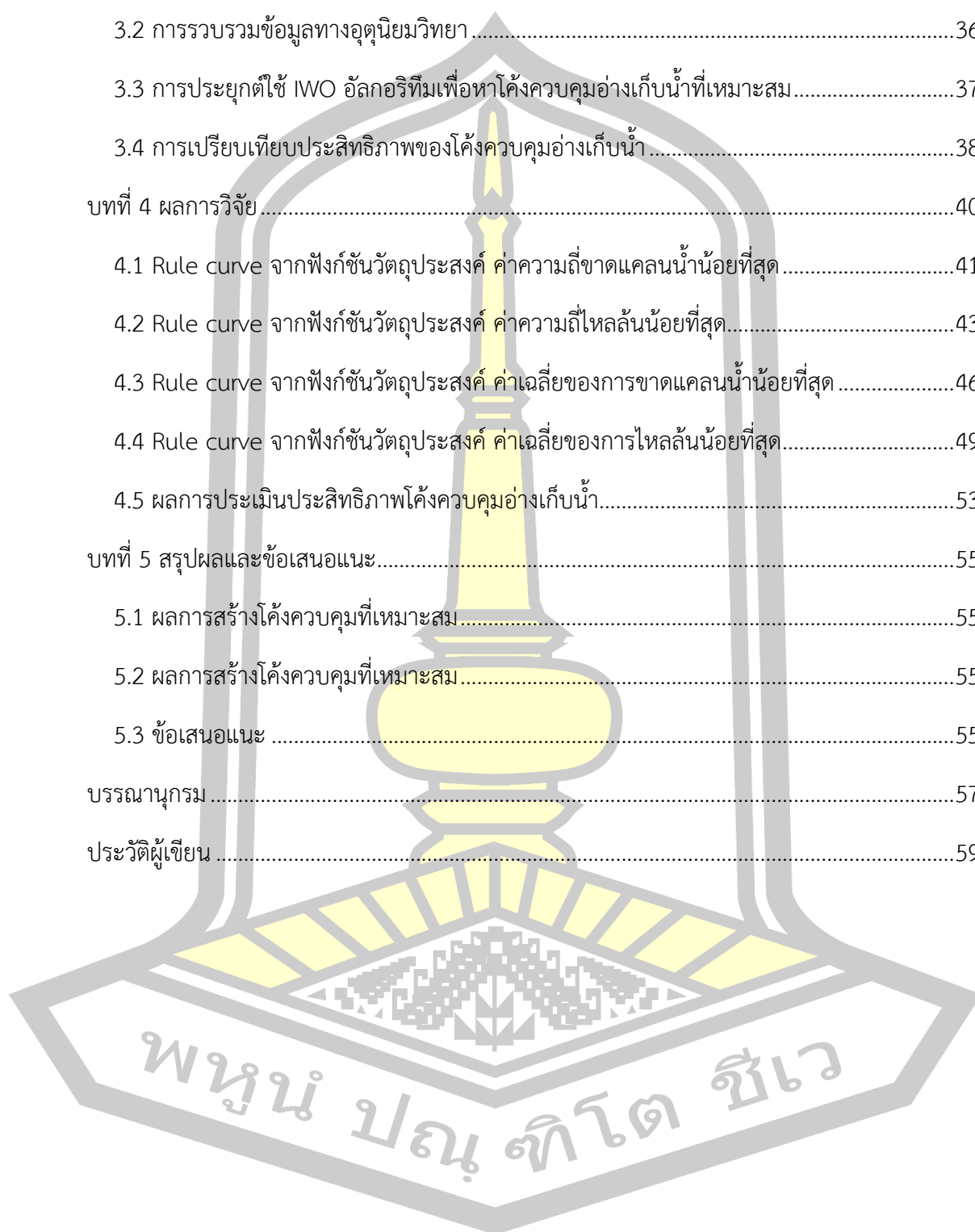
ปิ่นมณี พรหมอารักษ์



สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ.....	ช
สารบัญตาราง.....	ฌ
สารบัญรูปภาพ.....	ญ
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 หลักการและเหตุผล.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย.....	4
1.3 ขอบเขตของงานวิจัย.....	4
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	5
บทที่ 2 ปรีทัศน์เอกสารข้อมูล.....	6
2.1 วัฏจักรจักรของน้ำ.....	6
2.2 การบริหารจัดการน้ำในอ่างเก็บน้ำ.....	8
2.3 โค้งเกณฑ์การปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำ (Reservoir Rule Curve).....	17
2.4 การค้นหาโค้งควบคุมอ่างเก็บน้ำที่เหมาะสม.....	21
2.5 การหาค่าความเหมาะสม.....	23
2.6 IWO Algorithm.....	27
2.7 อ่างเก็บน้ำพุทธอุทยาน.....	29
2.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	31
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย.....	33

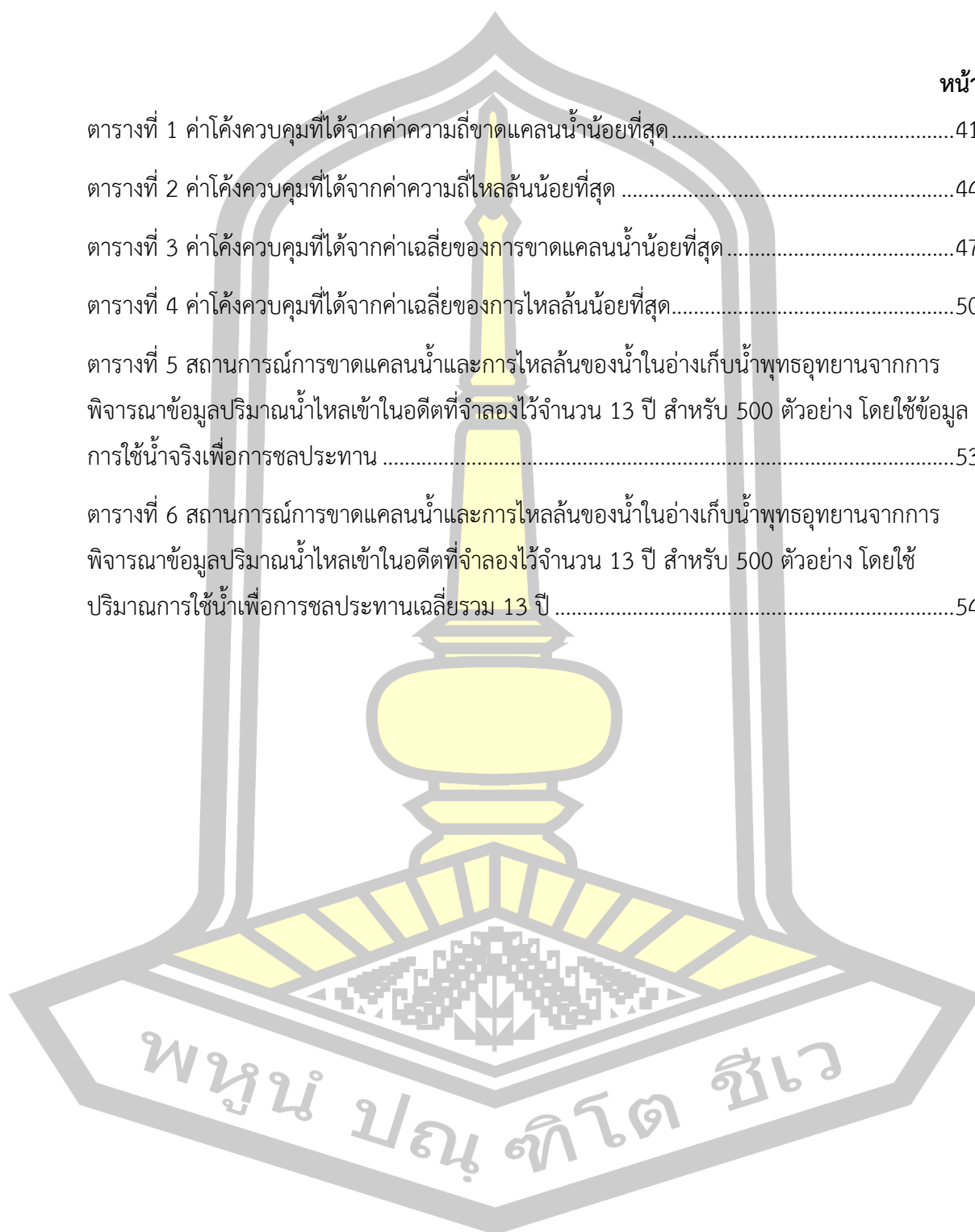
3.1 พื้นที่ศึกษาเก็บน้ำพุธรอุทยาน	34
3.2 การรวบรวมข้อมูลทางอุตุนิยมวิทยา	36
3.3 การประยุกต์ใช้ IWO อัลกอริทึมเพื่อหาโค้งควบคุมอ่างเก็บน้ำที่เหมาะสม	37
3.4 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของโค้งควบคุมอ่างเก็บน้ำ	38
บทที่ 4 ผลการวิจัย	40
4.1 Rule curve จากฟังก์ชันวัตถุประสงค์ ค่าความถี่ขาดแคลนนํ้าน้อยที่สุด	41
4.2 Rule curve จากฟังก์ชันวัตถุประสงค์ ค่าความถี่ไหลล้นน้อยที่สุด	43
4.3 Rule curve จากฟังก์ชันวัตถุประสงค์ ค่าเฉลี่ยของการขาดแคลนนํ้าน้อยที่สุด	46
4.4 Rule curve จากฟังก์ชันวัตถุประสงค์ ค่าเฉลี่ยของการไหลล้นน้อยที่สุด	49
4.5 ผลการประเมินประสิทธิภาพโค้งควบคุมอ่างเก็บน้ำ	53
บทที่ 5 สรุปผลและข้อเสนอแนะ	55
5.1 ผลการสร้างโค้งควบคุมที่เหมาะสม	55
5.2 ผลการสร้างโค้งควบคุมที่เหมาะสม	55
5.3 ข้อเสนอแนะ	55
บรรณานุกรม	57
ประวัติผู้เขียน	59



พจนัน ปณ จิตโต ชีเว

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 1 ค่าโค้งควบคุมที่ได้จากค่าความถี่ขาดแคลนนํ้าน้อยที่สุด.....	41
ตารางที่ 2 ค่าโค้งควบคุมที่ได้จากค่าความถี่ไหลล้นนํ้าน้อยที่สุด	44
ตารางที่ 3 ค่าโค้งควบคุมที่ได้จากค่าเฉลี่ยของการขาดแคลนนํ้าน้อยที่สุด.....	47
ตารางที่ 4 ค่าโค้งควบคุมที่ได้จากค่าเฉลี่ยของการไหลล้นนํ้าน้อยที่สุด.....	50
ตารางที่ 5 สถานการณ์การขาดแคลนนํ้าและการไหลล้นของนํ้าในอ่างเก็บนํ้าพุทธอุทยานจากการ พิจารณาข้อมูลปริมาณนํ้าไหลเข้าในอดีที่จำลองไว้จำนวน 13 ปี สำหรับ 500 ตัวอย่าง โดยใช้ข้อมูล การใช้นํ้าจริงเพื่อการชลประทาน	53
ตารางที่ 6 สถานการณ์การขาดแคลนนํ้าและการไหลล้นของนํ้าในอ่างเก็บนํ้าพุทธอุทยานจากการ พิจารณาข้อมูลปริมาณนํ้าไหลเข้าในอดีที่จำลองไว้จำนวน 13 ปี สำหรับ 500 ตัวอย่าง โดยใช้ ปริมาณการใช้นํ้าเพื่อการชลประทานเฉลี่ยรวม 13 ปี	54

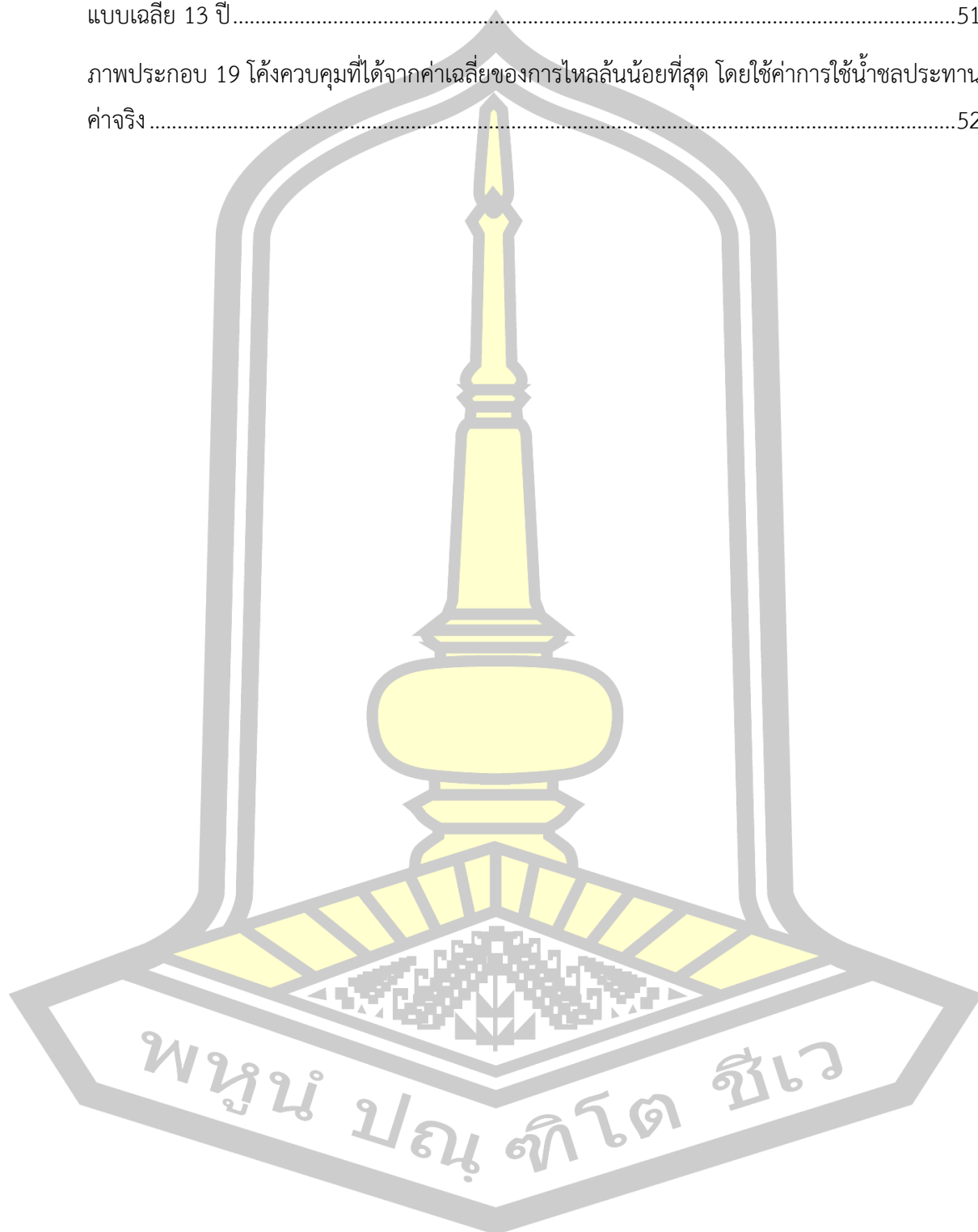


สารบัญรูปภาพ

	หน้า
ภาพประกอบ 1 วัฏจักรจักรของน้ำ (Water cycle).....	7
ภาพประกอบ 2 ทิศทางการจัดการน้ำ.....	10
ภาพประกอบ 3 นโยบายการปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำแบบมาตรฐาน	13
ภาพประกอบ 4 เกณฑ์การจำกัดการปล่อยน้ำ (Rationing Rule).....	14
ภาพประกอบ 5 เกณฑ์การปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำแบบ Hedging	16
ภาพประกอบ 6 ตัวอย่างของโค้งเกณฑ์การปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำ.....	18
ภาพประกอบ 7 ผังการทำงาน IWO.....	28
ภาพประกอบ 8 ที่ตั้งอ่างเก็บน้ำพุทธอุทยาน.....	31
ภาพประกอบ 9 ที่ตั้งอ่างเก็บน้ำพุทธอุทยาน.....	35
ภาพประกอบ 10 พื้นที่ส่งน้ำอ่างเก็บน้ำพุทธอุทยาน	35
ภาพประกอบ 11 ขั้นตอนการทำงานของ IWO อัลกอริทึม.....	38
ภาพประกอบ 12 โค้งควบคุมที่ได้จากค่าความถี่ขาดแคลนนํ้าน้อยที่สุด โดยใช้ค่าการใช้น้ำชลประทาน ค่าจริง	42
ภาพประกอบ 13 โค้งควบคุมที่ได้จากค่าความถี่ขาดแคลนนํ้าน้อยที่สุด โดยใช้ค่าการใช้น้ำ ชลประทานแบบเฉลี่ย 13 ปี.....	43
ภาพประกอบ 14 โค้งควบคุมที่ได้จากค่าความถี่ไหลล้นน้อยที่สุด โดยใช้ค่าการใช้น้ำชลประทานแบบ เฉลี่ย 13 ปี.....	45
ภาพประกอบ 15 โค้งควบคุมที่ได้จากค่าความถี่ไหลล้นน้อยที่สุด โดยใช้ค่าการใช้น้ำชลประทานค่า จริง.....	46
ภาพประกอบ 16 โค้งควบคุมที่ได้จากค่าเฉลี่ยของการขาดแคลนนํ้าน้อยที่สุด โดยใช้ค่าการใช้น้ำ ชลประทานแบบค่าจริง.....	48
ภาพประกอบ 17 โค้งควบคุมที่ได้จากค่าเฉลี่ยของการขาดแคลนนํ้าน้อยที่สุด โดยใช้ค่าการใช้น้ำ ชลประทานแบบเฉลี่ย 13 ปี.....	49

ภาพประกอบ 18 โค้งควบคุมที่ได้จากค่าเฉลี่ยของการไหลล้นน้อยที่สุด โดยใช้ค่าการใช้น้ำชลประทาน
แบบเฉลี่ย 13 ปี.....51

ภาพประกอบ 19 โค้งควบคุมที่ได้จากค่าเฉลี่ยของการไหลล้นน้อยที่สุด โดยใช้ค่าการใช้น้ำชลประทาน
ค่าจริง.....52



บทที่ 1

บทนำ

1.1 หลักการและเหตุผล

ในปัจจุบันน้ำเป็นทรัพยากรที่มีความสำคัญต่อชีวิตคน, พืช และสัตว์ บทบาทของน้ำในชีวิตประจำวันและการพัฒนาเศรษฐกิจ น้ำเป็นทรัพยากรที่มีความสำคัญอย่างยิ่งสำหรับการดำรงชีวิตของมนุษย์และสิ่งมีชีวิตอื่น ๆ นอกจากนี้ยังเป็นปัจจัยสำคัญในการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคม การดำรงชีวิตของมนุษย์ น้ำเป็นสิ่งจำเป็นสำหรับการบริโภค การทำอาหาร และการทำความสะอาด มนุษย์ต้องการน้ำอย่างน้อย 2-3 ลิตรต่อวันเพื่อการบริโภคพื้นฐาน และมากกว่านั้นสำหรับการใช้งานอื่น ๆ เช่น การอาบน้ำและการทำความสะอาด การเกษตร: น้ำเป็นปัจจัยสำคัญในการเกษตร ซึ่งเป็นแหล่งอาหารหลักของมนุษย์ การขาดแคลนน้ำสามารถส่งผลให้เกิดความล้มเหลวของผลผลิตทางการเกษตร ซึ่งนำไปสู่การขาดแคลนอาหารและปัญหาทางเศรษฐกิจ อุตสาหกรรม: อุตสาหกรรมหลายประเภท เช่น การผลิตอาหาร การผลิตพลังงาน และการผลิตวัสดุก่อสร้าง ต่างต้องการน้ำในกระบวนการผลิต สิ่งแวดล้อมและระบบนิเวศ: น้ำมีบทบาทสำคัญในการรักษาสมดุลของระบบนิเวศ การจัดการทรัพยากรน้ำที่ดีช่วยป้องกันการกัดเซาะของดิน การรักษาพื้นที่ชุ่มน้ำ และการคงไว้ซึ่งความหลากหลายทางชีวภาพ

ความท้าทายในการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำ ความสำคัญของน้ำส่งผลให้การบริหารจัดการทรัพยากรน้ำเป็นเรื่องที่มีความซับซ้อนและท้าทาย การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงในรูปแบบของการตกของฝนและการระเหยของน้ำ ซึ่งส่งผลต่อความสามารถในการกักเก็บและการจัดหาน้ำ การเจริญเติบโตของประชากรประชากรที่เพิ่มขึ้นทำให้ความต้องการใช้น้ำเพิ่มขึ้น ซึ่งอาจทำให้เกิดการขาดแคลนน้ำในบางพื้นที่ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในเขตเมืองที่มีความหนาแน่นสูง มลพิษทางน้ำ การเพิ่มขึ้นของกิจกรรมอุตสาหกรรมและเกษตรกรรมสามารถทำให้เกิดมลพิษทางน้ำ เช่น การปนเปื้อนของสารเคมีและของเสีย ซึ่งทำให้คุณภาพของน้ำลดลงและยากต่อการใช้งาน ความขัดแย้งในการใช้น้ำ ความต้องการใช้น้ำที่แตกต่างกันระหว่างภาคส่วนต่าง ๆ เช่น การเกษตร การอุตสาหกรรม และการบริโภคส่วนบุคคลสามารถนำไปสู่ความขัดแย้งในการใช้น้ำ โดยเฉพาะในพื้นที่ที่มีทรัพยากรน้ำจำกัด

การบริหารจัดการน้ำในประเทศไทย ประเทศไทยเป็นประเทศที่มีการเกษตรกรรมเป็นส่วนใหญ่ การบริหารจัดการน้ำที่มีประสิทธิภาพจึงเป็นสิ่งที่สำคัญ อ่างเก็บน้ำมีบทบาทสำคัญในการบริหารจัดการน้ำในประเทศไทย โดยทำหน้าที่กักเก็บน้ำในช่วงฤดูฝนและปล่อยน้ำในช่วงฤดูแล้ง การพัฒนาและปรับปรุงระบบการบริหารจัดการน้ำ หลักการบริหารจัดการน้ำในปัจจุบัน การบริหารจัดการน้ำมี

จุดมุ่งหมายหลักคือการตอบสนองความต้องการใช้น้ำในทุกภาคส่วน ไม่ว่าจะเป็นการบริโภคภายในครัวเรือน การเกษตร อุตสาหกรรม หรือการรักษาสิ่งแวดล้อม เพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุดและลดความเสียหายต่อชีวิตและทรัพย์สินของประชาชน ดังนั้น การบริหารจัดการน้ำจึงต้องอาศัย การวางแผนอย่างรอบคอบและการใช้หลักการต่าง ๆ เช่น การวางแผนแบบบูรณาการ (Integrated Water Resources Management - IWRM): แนวทางนี้มุ่งเน้นการจัดการทรัพยากรน้ำทั้งหมดในรูปแบบที่รวมกันอย่างมีประสิทธิภาพและยั่งยืน โดยพิจารณาทุกภาคส่วนที่เกี่ยวข้องกับการใช้น้ำ รวมถึงผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและสังคม ซึ่งเป็นการสร้างสมดุลระหว่างการใช้น้ำเพื่อการพัฒนาทางเศรษฐกิจและการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อม การจัดการน้ำตามหลักการสมดุลน้ำในอ่างเก็บน้ำ (Reservoir Water Balance Approach): หลักการนี้เน้นการควบคุมและการจัดสรรน้ำในอ่างเก็บน้ำให้มีความสมดุล โดยพิจารณาทั้งปริมาณน้ำที่ไหลเข้ามาและน้ำที่ถูกปล่อยออกไป ซึ่งรวมถึงการบริหารจัดการน้ำฝน น้ำที่ถูกใช้ในการเกษตร การอุตสาหกรรม และการอุปโภคบริโภค รวมถึงการคำนึงถึงปัจจัยที่อาจทำให้น้ำสูญหาย เช่น การระเหยของน้ำจากผิวหน้าของอ่างเก็บน้ำ การจัดการน้ำเพื่อลดความเสี่ยง (Risk-Based Water Management): การบริหารจัดการน้ำที่มุ่งเน้นการลดความเสี่ยงจากภัยพิบัติทางธรรมชาติ เช่น น้ำท่วมและภัยแล้ง โดยใช้การวางแผนล่วงหน้าและการเตรียมความพร้อมเพื่อรับมือกับเหตุการณ์ที่อาจเกิดขึ้น รวมถึงการสร้างโครงสร้างพื้นฐานที่สามารถปรับตัวได้กับสภาพแวดล้อมที่เปลี่ยนแปลง การบริหารจัดการน้ำในรูปแบบนี้จำเป็นต้องใช้ข้อมูลที่ถูกต้องและครบถ้วนจากหลายแหล่ง รวมถึงการใช้เทคโนโลยีและนวัตกรรม เช่น ระบบจำลองการไหลของน้ำและอัลกอริทึมการเพิ่มประสิทธิภาพ เพื่อให้สามารถวางแผนและตัดสินใจได้อย่างถูกต้องและมีประสิทธิภาพสูงสุด

อย่างไรก็ตาม ในด้านการบริหารจัดการน้ำในปัจจุบันมีหลักการคือบริหารจัดการน้ำเพื่อตอบสนองความต้องการของทุกส่วนให้มีประสิทธิภาพสูงสุดและเกิดความเสียหายต่อชีวิตและทรัพย์สินน้อยที่สุด โดยใช้วิธีการวางแผนเพื่อบริหารจัดการน้ำต้องอาศัยหลักการสมดุลน้ำในอ่างเก็บน้ำ (Reservoir Water Balance Approach) ซึ่งนับเป็นทฤษฎีพื้นฐานที่สำคัญสำหรับประยุกต์ใช้ในงานด้านการปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำ (Reservoir Operation) การหาความสมดุลของมวลน้ำทั้งหมดในอ่างเก็บน้ำ (Reservoir Mass Balance) แต่ในปัจจุบันนั้นปริมาณน้ำที่ไหลเข้าอ่างเก็บน้ำนั้นมีความไม่แน่นอนและจำนวนประชากรที่เพิ่มขึ้นซึ่งอาจส่งผลกระทบต่อการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำได้ อีกทั้งปัญหาด้านสภาวะอากาศที่แปรปรวนก็เป็นอีกปัจจัยที่ส่งผลต่อการบริหารจัดการน้ำ และในอดีตอาจมีการเก็บข้อมูลปริมาณน้ำที่ไหลเข้าอ่างเก็บน้ำโดยการจดบันทึกซึ่งอาจเกิดข้อผิดพลาดได้ง่าย ปัจจัยต่างๆที่กล่าวมานี้อาจส่งผลกระทบต่อการจัดการทรัพยากรน้ำเพื่อประสิทธิภาพที่สูงที่สุดและการรักษาสิ่งแวดล้อม เพราะฉะนั้นการใช้แบบจำลองทางอุทกวิทยาเพื่อช่วยประเมินปริมาณการใช้น้ำในกิจกรรมต่างๆ รวมทั้งการคาดการณ์สถานการณ์น้ำทำให้มีการใช้งานอย่างแพร่หลายในปัจจุบันซึ่ง

จะก่อให้เกิดประโยชน์ในการบริหารจัดการน้ำอย่างเต็มประสิทธิภาพของอ่างเก็บน้ำที่อยู่ต้องรับน้ำในลำน้ำนั้นเพื่อการวางแผนและจัดการน้ำในอ่างเก็บน้ำอย่างเหมาะสม เป็นต้น

เพื่อให้การบริหารจัดการน้ำเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ จำเป็นต้องมีการพัฒนาและปรับปรุงระบบการจัดการน้ำอย่างต่อเนื่อง โดยเฉพาะการนำเทคโนโลยีและนวัตกรรมใหม่ ๆ เช่น Invasive Weed Optimization Algorithm (IWO) มาใช้ในการปรับปรุงการดำเนินงานของอ่างเก็บน้ำเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการบริหารจัดการน้ำ

ปัจจุบันการบริหารจัดการน้ำในอ่างเก็บน้ำโดยใช้ปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำ (Reservoir Operation) นับเป็นทฤษฎีพื้นฐานที่สำคัญสำหรับประยุกต์ใช้ในงานด้านการปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำ (Reservoir Operation) การหาสมดุลของมวลน้ำทั้งหมดในอ่างเก็บน้ำ (Reservoir Mass Balance) คือค่าผลต่างระหว่างเทอมผลรวมของปริมาณน้ำที่ไหลเข้าอ่างเก็บน้ำสุทธิ (Net Inflow) กับเทอมผลรวมของปริมาณน้ำที่ไหลออกจากอ่างเก็บน้ำสุทธิ (Net Outflow) ซึ่งจะเท่ากับการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำเก็บกักในอ่างเก็บน้ำ (Reservoir Storage Change) ตลอดช่วงระยะเวลาที่พิจารณา ปริมาณน้ำที่ไหลเข้าอ่างทั้งจากแหล่งน้ำผิวดินและน้ำใต้ดิน (Surface Inflow and Groundwater Inflow) รวมถึงปริมาณฝนที่ตกลงอ่างเก็บน้ำ (Precipitation) โดยตรงนับได้ว่าเป็นตัวแปรหลักของปริมาณน้ำที่ไหลเข้าอ่างเก็บน้ำและยังเป็นแหล่งน้ำต้นทุนที่สำคัญของระบบอ่างเก็บน้ำ ในขณะที่ปริมาณน้ำที่ไหลออกจากอ่างเก็บน้ำเป็นผลจากปริมาณน้ำที่ปล่อยออกจากอ่างตามเกณฑ์การปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำในช่วงเวลานั้น ๆ รวมถึงข้อมูลปริมาณการสูญเสียน้ำทั้งจากการระเหยและการรั่วซึมออกจากอ่างเก็บน้ำ โดยเกณฑ์การปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำ (Reservoir Operation Rules) นับเป็นเครื่องมือที่สำคัญในการบริหารจัดการอ่างเก็บน้ำให้ประสบผลสำเร็จและเพิ่มความเชื่อมั่นในการตัดสินใจปล่อยน้ำโดยเฉพาะอย่างยิ่งในช่วงวิกฤตของอ่างเก็บน้ำซึ่งมีโอกาสเสี่ยงที่จะปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำล้มเหลวทั้งจากการปล่อยน้ำส่วนเกินให้ไหลล้นอ่างและการส่งน้ำไม่เพียงพอตามปริมาณความต้องการน้ำส่งผลให้เกิดการขาดน้ำตามมา ด้วยเหตุนี้ จึงจำเป็นต้องหาแนวทางปฏิบัติเพื่อให้การปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำบรรลุผลสำเร็จตามแผนที่วางแผนไว้ โดยทั่วไปเกณฑ์การปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำจะอยู่ในรูปของโค้งเกณฑ์การปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำ (Reservoir Rule Curve) และส่วนใหญ่จะอาศัยจากเทคนิคการจำลองระบบ (Simulation Technique) ซึ่งการจำลองระบบสามารถแก้ปัญหาการปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำบรรลุผลสำเร็จได้ในระดับหนึ่ง เพราะฉะนั้นเทคนิคการหาค่าที่ดีที่สุด (Optimization Technique) (ผศ.ดร.อารียา ฤทธิมา, 2560) นั้นมีคุณสมบัติที่สามารถหาแนวทางปฏิบัติเพื่อให้การปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำบรรลุผลสำเร็จได้เป็นอย่างมาก

การบริหารจัดการน้ำเกิดความเหมาะสมในการศึกษานี้จึงประยุกต์ใช้เทคนิคการหาค่าที่ดีที่สุด (Optimization Technique) ในการประเมินการปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำในรูปของโค้งเกณฑ์การปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำ (Reservoir Rule Curve) โดยใช้ วิธีการเพิ่มประสิทธิภาพการรุกรานของวัชพืช

(Invasive Weeds Optimization: IWO) ซึ่งเป็นอัลกอริทึมที่ให้ความแม่นยำมีค่าใกล้เคียงอัลกอริทึมชนิดอื่นๆ IWO Algorithm ได้มีการประยุกต์ใช้ในหลายด้าน) แต่ปัจจุบันยังไม่เป็นที่นิยมมากนักในการใช้หาโค้งเกณฑ์การปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำ

ดังนั้น อ่างเก็บน้ำพุทธอุทยาน ตั้งอยู่ที่ อ.เมืองอำนาจเจริญ จ.อำนาจเจริญ จะถูกเลือกใช้เป็นพื้นที่ศึกษา เนื่องจากข้อมูลพื้นที่พบว่าเป็นพื้นที่เสี่ยงภัยแล้ง โดยกรมพัฒนาที่ดิน พ.ศ.2556 กล่าวว่า ปัญหาภัยแล้งในพื้นที่เกิดขึ้นเป็นประจำทุกปีโดยในฤดูฝนจะเกิดฝนทิ้งช่วงและในฤดูแล้งจะเกิดการขาดแคลนทั้งน้ำอุปโภค - บริโภคและน้ำเพื่อการเกษตรกรรม เนื่องจากการพัฒนาแหล่งน้ำที่ผ่านมายังไม่เพียงพอกับความต้องการและอ่างเก็บน้ำพุทธอุทยานยังเป็นแหล่งน้ำสำคัญที่ใช้ในการอุปโภค - บริโภคของประชาชนในพื้นที่อ.เมือง จ.อำนาจเจริญ ฉะนั้นการศึกษานี้มีจุดประสงค์เพื่อหาการประเมินการปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำในรูปของโค้งเกณฑ์การปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำ (Reservoir Rule Curve) เพื่อเป็นประโยชน์ต่อการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำให้เกิดประโยชน์สูงสุดและเกิดการพัฒนาในอนาคตต่อไป

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

- 1.2.1. เพื่อประยุกต์ใช้ IWO Algorithm ในการศึกษาหาโค้งควบคุมอ่างเก็บน้ำที่เหมาะสม
- 1.2.2. เพื่อประเมินประสิทธิภาพระหว่างโค้งควบคุมอ่างเก็บน้ำเดิมที่ใช้งานอยู่ในปัจจุบันกับโค้งควบคุมอ่างเก็บน้ำที่สร้างขึ้นใหม่ด้วยเทคนิค IWO อัลกอริทึม

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย

1. อ่างเก็บน้ำพุทธอุทยาน อ.เมือง จ.อำนาจเจริญ
2. ใช้ข้อมูลทางอุทกวิทยาและทางอุตุนิยมวิทยาช่วงเวลา พ.ศ.2554-2566
3. ใช้ปริมาณน้ำที่ใช้เพื่อการชลประทานที่ได้จากการบันทึกของโครงการชลประทานอำนาจเจริญ
4. ใช้เทคนิควิธีการเพิ่มประสิทธิภาพการรุกรานของวัชพืช (Invasive Weeds Optimization: IWO)
5. ใช้ โปรแกรม Matlab Version 2020

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. สามารถนำทฤษฎีมาประยุกต์ใช้ในการปฏิบัติงานจริง
2. สามารถประยุกต์ใช้ IWO Algorithm กับอ่างเก็บน้ำอื่นๆ ที่ประสบปัญหาการบริหารจัดการน้ำที่คล้ายกัน
3. เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการเก็บกักและการปล่อยน้ำให้เป็นไปตามสถานการณ์ปัจจุบัน
4. สามารถเป็นฐานข้อมูลการวิจัยให้แก่ผู้ที่มีความสนใจและนำไปต่อยอดได้ในอนาคต



บทที่ 2

ปริทัศน์เอกสารข้อมูล

ในบทนี้จะอธิบายการรวบรวมงานวิจัยและทฤษฎีต่างๆที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยนี้และวิธีการศึกษาจะประกอบไปด้วย 2 ส่วน ได้แก่ ส่วนที่ 1 ประกอบไปด้วยวิธีการ ทฤษฎีและเทคนิคที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยรวมถึงเครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์ ส่วนที่ 2 ประกอบไปด้วยการทบทวนวรรณกรรมงานวิจัยที่ผ่านมาที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยนี้ ที่มีผู้ทำการศึกษามาก่อนหน้านี้และเป็นการทบทวนบทความทางวิชาการที่ได้รับการยอมรับอีกทั้งมีการเผยแพร่ในวารสารต่างๆและการประชุมทางวิชาการทั้งในประเทศและต่างประเทศ ดังหัวข้อต่อไปนี้

- 2.1 วัฏจักรจักรของน้ำ (Water cycle)
- 2.2 การบริหารจัดการน้ำในอ่างเก็บน้ำ
- 2.3 การปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำ
- 2.4 การค้นหาโค้งควบคุมอ่างเก็บน้ำที่เหมาะสม
- 2.5 การหาค่าความเหมาะสม
- 2.6 วิธี Invasive Weeds Optimization (IWO)
- 2.7 อ่างเก็บน้ำพุทธอุทยาน
- 2.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 วัฏจักรจักรของน้ำ

วัฏจักรจักรของน้ำ (Water cycle) หรือชื่อในทางวิทยาศาสตร์ว่า (hydrologic cycle) (สำนักอนุรักษ์และฟื้นฟูแหล่งน้ำ กรมทรัพยากรน้ำ, 2564b) หมายถึงการเปลี่ยนแปลงสถานะของน้ำระหว่าง ของเหลว ของแข็ง และ ก๊าซ ในวัฏจักรจักรของน้ำนี้ น้ำจะมีการเปลี่ยนแปลงสถานะไปกลับจากสถานะหนึ่งไปยังอีกสถานะหนึ่ง อย่างต่อเนื่องไม่มีสิ้นสุด ภายในอาณาจักรของน้ำ (hydrosphere) เช่น การเปลี่ยนแปลงระหว่าง ชั้นบรรยากาศ น้ำพื้นผิวดิน ผิวน้ำ น้ำใต้ดิน และ พืช กระบวนการเปลี่ยนแปลงนี้สามารถแยกได้เป็น 4 ประเภทคือ การระเหยเป็นไอ (evaporation) , หยาดน้ำฟ้า (precipitation) , การซึม (infiltration) , และ การเกิดน้ำท่า (runoff) การระเหยเป็นไอ (evaporation) เป็นการเปลี่ยนแปลงสถานะของน้ำบนพื้นผิวไปสู่บรรยากาศ ทั้งการระเหยเป็นไอ (evaporation) โดยตรง และจากการคายน้ำของพืช (transpiration) ซึ่งเรียกว่า evapotranspiration หยาดน้ำฟ้า (precipitation) เป็นการตกลงมาของน้ำในบรรยากาศสู่พื้นผิวโลก โดยละอองน้ำในบรรยากาศจะรวมตัวกันเป็นก้อนเมฆ และในที่สุดกลั่นตัวเป็นฝนตกลงสู่ผิวโลกรวมถึงหิมะ และ ลูกเห็บ การซึม (infiltration) จากน้ำบนพื้นผิวลงสู่ดินเป็นน้ำใต้ดิน อัตราการซึมจะขึ้นอยู่กับ

กับประเภทของดิน หิน และ ปัจจัยประกอบอื่นๆ น้ำใต้ดินนั้นจะเคลื่อนตัวช้า และอาจไหลกลับขึ้นบนผิวดิน หรือ อาจถูกกักอยู่ภายใต้ชั้นหินเป็นเวลาหลายพันปี โดยปกติแล้วน้ำใต้ดินจะกลับเป็นน้ำที่ผิวดินบนพื้นที่ที่อยู่ระดับต่ำกว่า ยกเว้นในกรณีของบ่อน้ำบาดาล น้ำท่า (runoff) หรือ น้ำไหลผ่านเป็นการไหลของน้ำบนผิวดินไปสู่มหาสมุทร น้ำไหลลงสู่แม่น้ำและไหลไปสู่มหาสมุทร ซึ่งอาจจะถูกกักชั่วคราวตาม บึง หรือ ทะเลสาบ ก่อนไหลลงสู่มหาสมุทร น้ำบางส่วนกลับกลายเป็นไวก่อนจะไหลกลับลงสู่มหาสมุทร



ภาพประกอบ 1 วัฏจักรการของน้ำ (Water cycle)

ที่มา : สำนักงานสำรวจธรณีวิทยาแห่งสหรัฐอเมริกา (USGS) (2003)

2.1.1 กระบวนการการเกิดน้ำท่า (สำนักอนุรักษ์และฟื้นฟูแหล่งน้ำ กรมทรัพยากรน้ำ, 2564a) น้ำที่ไหลมารวมกันในแม่น้ำนั้นประกอบไปด้วย

1. ฝนที่ตกลงมาในลำน้ำโดยตรง (channel precipitation)
2. น้ำผิวดิน (overland flow หรือ surface runoff)
3. น้ำใต้ผิวดิน (interflow หรือ subsurface flow)
4. น้ำใต้ดิน (groundwater flow)

โดยน้ำที่ไหลบนผิวดินนั้นยังอาจแยกที่มาได้เป็น 2 ส่วน ส่วนที่หนึ่งเป็นน้ำฝนส่วนเกินจากการซึมลงดิน (infiltration excess overland flow) น้ำฝนส่วนเกินนี้เกิดขึ้นเมื่อความชื้นน้ำฝนมากกว่าอัตราการซึมลงดินในขณะนั้น น้ำฝนส่วนที่เหลือนี้จะไหลบนผิวดินสู่พื้นที่ต่ำกว่า อีกส่วนหนึ่งเป็นน้ำไหลจากพื้นผิวที่อิ่มตัวด้วยน้ำ (saturation excess overland flow) จะพบในบริเวณที่ลุ่มต่ำขณะฝนเริ่มตก บนผิวดินมีความชื้นสูงเมื่อฝนตกลงมา น้ำฝนจะไหลลงไปยังพื้นผิว นอกจากนี้ยังมีน้ำ

บางส่วนที่ไหลใต้ผิวดินไหลผ่านผิวดินชั้นมารวม (exfiltration) โดยบริเวณพื้นผิวที่อิ่มตัวด้วยน้ำจะขยายตัวครอบคลุมพื้นที่เป็นบริเวณกว้างขึ้นเรื่อย ๆ ขณะฝนตก และค่อย ๆ ลดขนาดลงภายหลังฝนหยุดตกเนื่องจากเส้นทางการไหลของน้ำฝนที่ตกลงมามีความซับซ้อนและมีการเปลี่ยนแปลงไปจากการตรวจวัดปริมาณน้ำในแต่ละส่วนนั้นทำได้ยาก ในการวิเคราะห์ข้อมูลน้ำทำนียมพิจารณาในแม่น้ำเป็นสองส่วน คือ น้ำที่ไหลมาอยู่ในลำน้ำเร็ว เรียกว่า direct runoff (หรือ quick flow) และ น้ำที่ไหลมาอยู่ในลำน้ำช้า เรียกว่า base flow Direct runoff นั้นส่วนใหญ่เป็นน้ำฝนที่ตกลงมาและไหลไปตามผิวดิน (surface runoff) นอกจากนี้ยังรวมถึงน้ำฝนที่ตกลงในลำน้ำโดยตรง และน้ำไหลใต้ผิวดินบางส่วนที่ไหลผ่านผิวดินขึ้นมาโดยการเกิดของ direct runoff นี้อาจเกิดขึ้นทันทีเมื่อฝนเริ่มต้นหรือหลังจากฝนตกไม่นาน และเพิ่มปริมาณจนถึงจุดสูงสุด จากนั้นค่อย ๆ ลดลง โดยปริมาณน้ำสูงสุดนั้นอาจเกิดขณะฝนกำลังตกก็ได้หากฝนตกต่อเนื่องเป็นระยะเวลานาน แต่โดยทั่วไปจะเกิดขึ้นหลังจากฝนหยุดไประยะหนึ่ง เนื่องจากน้ำจากจุดต่างๆ ในพื้นที่จะต้องใช้เวลาระยะหนึ่งในการไหลมารวมตัวกันที่ทางออกซึ่งระยะเวลาขึ้นอยู่กับขนาดและลักษณะทางกายภาพอื่นๆ ของลุ่มน้ำ ส่วน base flow เป็นน้ำที่ไหลมาทางใต้ดินซึ่งไหลมาทางใต้ดินซึ่งไหลได้ช้ากว่า เวลาในการเดินทางจากจุดที่ฝนตกลงมาจนกระทั่งถึงทางออกของลุ่มน้ำอาจเป็นหลายๆ วัน จนกระทั่งเป็นปี ปริมาณของน้ำส่วนนี้ในลำน้ำค่อนข้างจะคงที่โดยมีการเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาลการตรวจวัดข้อมูลน้ำในแม่น้ำ 1. ระดับน้ำ (stage) ข้อมูลระดับน้ำเป็นข้อมูลที่ตรวจวัดได้ง่าย เห็นได้จากในต่างประเทศมีการบันทึกข้อมูลระดับน้ำท่วมสูงสุดในสมัยกรุงศรีอยุธยา ระดับน้ำที่ทำการบันทึกจะอ้างอิงอยู่กับระดับเฉลี่ยของน้ำทะเล เรียก ระดับทะเลปานกลาง (รทก.) หรือ Mean Sea (MSL.) เครื่องมือที่ใช้มี 2 ลักษณะกล่าวคือ เครื่องมือวัดระดับน้ำแบบไม่อัตโนมัติ และแบบอัตโนมัติ เครื่องมือวัดระดับน้ำแบบไม่อัตโนมัติ อาจมีลักษณะเป็น แผ่นวัดระดับน้ำ (staff gauge) หรือเครื่องวัดแบบใช้เส้นลวด และดุน้ำหนัก (wire-weight) ซึ่งจะต้องมีคนไปจดบันทึกตามเวลาอย่างสม่ำเสมอ เครื่องมือวัดระดับน้ำแบบอัตโนมัติ มีหลายแบบ อาทิ แบบใช้แรงดัน (Pressure Bulb), แบบใช้ฟองอากาศ (Bubble Gauge), แบบทุ่นลอย (Float-Operated Recorder)

2.2 การบริหารจัดการน้ำในอ่างเก็บน้ำ

“การจัดการทรัพยากรน้ำเชิงบูรณาการ” มักได้ยินกันมากในช่วงที่ผ่านมา มีเป้าหมายเพื่อการพัฒนาที่ยั่งยืน (Sustainable Development) โดยที่ประชุมนานาชาติว่าด้วยน้ำและสิ่งแวดล้อม (The International Conference on Water and the Environment, ICWE 1992) ได้ให้ความหมายของการจัดการทรัพยากรน้ำเชิงบูรณาการ หรือ Integrated Water Resources Management (IWRM) ไว้ว่า “...เป็นกระบวนการซึ่งจะช่วยนานาชาติ แก้ไขปัญหาที่เกี่ยวกับน้ำให้เกิดความคุ้มค่าและตามแนวทางความยั่งยืน”

มีการกล่าวถึง IWRM ครั้งแรกเมื่อเดือนมกราคม ปี ค.ศ.1992 ที่เมืองดับบลิน ประเทศไอร์แลนด์ ซึ่งต่อมาเป็นที่ยอมรับกันในระดับนานาชาติในการประชุมสิ่งแวดล้อมโลกในเดือนมิถุนายนปีเดียวกันที่เมืองริโอเดอจาเนโร ประเทศบราซิล ว่า IWRM เป็นกระบวนการจัดการทรัพยากรน้ำที่ถูกต้องและจำเป็นต่อโลกเพื่อการจัดการทรัพยากรน้ำอย่างยั่งยืน (ICWE, 1992) ที่ประชุม ICWE เห็นพ้องว่าถ้าน้ำจัดได้รับการจัดการและการพัฒนาอย่างถูกต้องตามแนวทางที่ยั่งยืน โลกก็จะมีน้ำที่เพียงพอที่จะผลิตอาหาร พลังงาน เศรษฐกิจ และความต้องการขั้นพื้นฐานได้ กล่าวคือ โลกทุกวันนี้ยังมีน้ำใช้อย่างเพียงพอ แต่วิกฤตน้ำในปัจจุบันคือวิกฤตของการจัดการน้ำที่ดี ความแห้งแล้งที่เกิดขึ้นและการจัดการน้ำที่ผิดวิธีก่อให้เกิดปัญหาต่อโลกอย่างรุนแรงและเป็นการคุกคามความยั่งยืนและการพิทักษ์สภาพแวดล้อม

แนวคิดเรื่องความยั่งยืน (Concept of Sustainability) กำหนดให้พิจารณาว่ากิจกรรมใดๆ ที่กำลังจะดำเนินการบนโลกใบนี้ต้องครอบคลุมประเด็นอื่นที่นอกเหนือไปจากประเด็นความคุ้มค่าทางเศรษฐกิจ กล่าวคือ ความคุ้มค่าทางสังคมและทางนิเวศต้องนำมาพิจารณาอย่างทั่วถึงด้วย ได้แก่ ทรัพยากรกายภาพและชีวภาพ ข้อได้เปรียบและเสียเปรียบทั้งในระยะสั้นและระยะยาว ของแผนทางเลือกต่างๆ ความหมายของการจัดการทรัพยากรน้ำอย่างยั่งยืน ครอบคลุมไปถึงการใช้น้ำให้เกิดประโยชน์สูงสุดของคนในรุ่นปัจจุบัน ในขณะเดียวกันก็ยังคงรักษาสภาพต่างๆ ไว้ที่จะใช้ได้ถึงลูกหลานในอนาคต แนวความคิดเรื่องความยั่งยืนของทรัพยากรน้ำจำเป็นอย่างยิ่งที่จะใช้แนวทางการมีส่วนร่วมของภาคประชาคมในลุ่มน้ำ (Participatory Ecosystem-based Management) บนพื้นฐานการจัดการทรัพยากรนิเวศในพื้นที่นั้นร่วมด้วย มิใช่การจัดการทรัพยากรน้ำเดี่ยวๆ โดยแยกส่วนกับตัวทรัพยากรอื่นๆ ในลุ่มน้ำ การหาน้ำมาใช้จึงมิได้หมายถึงแต่น้ำพอหรือไม่พอต่อความต้องการ ปัญหาของทรัพยากรน้ำต้องครอบคลุมไปถึงคุณภาพสิ่งแวดล้อมของแหล่งน้ำและความสมดุลของระบบนิเวศลุ่มน้ำที่จะอำนวยน้ำมาให้ใช้ เพราะถ้าความแห้งแล้งเกิดขึ้น ระบบนิเวศไม่สมดุลจะมีน้ำที่ไหลไหลออกมาตลอดทั้งปีอย่างเคย

ในปี ค.ศ.1996 ได้มีการจัดตั้งองค์กรอิสระระหว่างประเทศ (Independent Agency) เรียกว่า Global Water Partnership หรือ GWP มีผู้ให้ภาษาไทยว่า “หุ้นส่วนน้ำโลก” ซึ่งเป็นองค์กรระหว่างประเทศที่สนับสนุนภาระกิจหลักในแนวทาง IWRM องค์กรนี้ได้เผยแพร่ความรู้ด้านการจัดการน้ำเชิงบูรณาการออกไปในรูปการฝึกอบรมในประเทศต่างๆ ทั่วโลก การเผยแพร่แนวคิดผ่านทางอินเทอร์เน็ตและทางแผ่นซีดีชื่อ “GWP Tool Box for IWRM” ประกอบไปด้วยกรณีศึกษาด้าน IWRM ในระดับนานาชาติ ทั้งกรณีที่ประสบความสำเร็จและความล้มเหลว เพื่อแลกเปลี่ยนองค์ความรู้ ประสบการณ์และแนวปฏิบัติซึ่งกันและกัน โดยจัดเผยแพร่ไว้ถึง 3 ภาษา ได้แก่ ภาษาอังกฤษ ภาษาสเปน และภาษาฝรั่งเศส

ด้วยเหตุผลความจำเป็นข้างต้น จึงมีความจำเป็นที่จะต้องปรับเปลี่ยนรูปแบบการจัดการทรัพยากรน้ำเพื่อให้เกิดการพัฒนาที่ยั่งยืน (อนงค์ฤทธิ์ แข็งแรง, 2563)



ภาพประกอบ 2 ทิศทางการจัดการน้ำ
ที่มา: อนงค์ฤทธิ์ แข็งแรง (2563)

2.2.1 การจัดการด้านน้ำต้นทุน (Supply Management)

การจัดการน้ำต้นทุน คือ การพยายามหาน้ำมาเพิ่มหรือมาเติมให้กับกลุ่มน้ำ เช่น การทำฝนหลวง การผันน้ำจากกลุ่มน้ำข้างเคียงมาเติม อีกทั้งการเพิ่มปริมาตรเก็บกักโดยการพัฒนาและปรับปรุงแหล่งกักเก็บน้ำ ไม่ว่าจะเป็นอ่างเก็บน้ำขนาดใหญ่ ขนาดกลาง หรือแหล่งน้ำในชุมชน และการปรับปรุงให้มีประสิทธิภาพในการเก็บกักน้ำเพิ่มขึ้น ซึ่งจะช่วยเหลือปริมาณน้ำไหลหลากท่วมพื้นที่ตอนล่างด้วย เมื่อสามารถเก็บกักน้ำได้อย่างมีประสิทธิภาพแล้ว ต่อไปคือพัฒนาระบบแจกจ่ายและจัดส่งน้ำจากแหล่งน้ำต้นทุนไปยังพื้นที่เกษตรกรรมให้เพียงพอและทั่วถึง ทั้งด้วยการลำเลียงผ่านแม่น้ำ ลำคลอง คลองส่งน้ำ ชลประทาน ระบบท่อส่งน้ำและสูบน้ำตามความเหมาะสมของพื้นที่ เพื่อให้การบริหารจัดการน้ำต้นทุนมีเสถียรภาพมากขึ้น

2.2.2 การจัดการด้านความต้องการน้ำ (Demand Management)

การจัดการด้านความต้องการน้ำ คือ การจัดการที่พิจารณาความต้องการใช้น้ำในภาคส่วนต่างๆ ประกอบ เช่น ภาคการอุปโภค-บริโภค ภาคการเกษตร ภาคอุตสาหกรรม ภาคการคมนาคม และภาคการรักษาระบบนิเวศน์ เป็นต้น ตลอดจนการปรับปรุงรูปแบบการให้น้ำแบบต่างๆ ทั้งระบบน้ำหยด ระบบมินิสปริงเกลอร์ และระบบสปริงเกลอร์ เพิ่มประสิทธิภาพการใช้น้ำชลประทาน อีกทั้งการเปลี่ยนไปปลูกพืชชนิดอื่นที่ใช้น้ำน้อยกว่า แต่ให้ผลตอบแทนต่อพื้นที่ในปริมาณใกล้เคียงกัน เป็นต้นหลักสมดุลน้ำในอ่างเก็บน้ำ (Water Balance of a Reservoir) (ผศ.ดร.อารียา ฤทธิมา,

2561) ประเภทของอ่างเก็บน้ำ หลักเกณฑ์ในการจัดประเภทของอ่างเก็บน้ำขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ของการใช้งาน ขนาดของอ่างเก็บน้ำ และปริมาตรเก็บกักของอ่างเก็บน้ำ ในที่นี้จะแบ่งประเภทของอ่างเก็บน้ำ ตามวัตถุประสงค์ของการใช้งาน ดังนี้

1) อ่างเก็บน้ำเอกประสงค์ (Single Purpose Reservoir) เป็นอ่างเก็บน้ำที่ทำหน้าที่เก็บน้ำไว้ใช้สำหรับวัตถุประสงค์เพียงอย่างเดียวอย่างหนึ่งเท่านั้น เช่น การเกษตร หรือการอุปโภค-บริโภค หรือการผลิตกระแสไฟฟ้า เป็นต้น ซึ่งการบริหารจัดการน้ำในอ่างเก็บน้ำจะง่ายที่สุด

2) อ่างเก็บน้ำอเนกประสงค์ (Multi-Purpose Reservoir) เป็นอ่างเก็บน้ำที่ทำหน้าที่เก็บน้ำไว้ใช้สำหรับหลายวัตถุประสงค์พร้อมกัน เช่น การเกษตร การอุปโภค-บริโภค การอุตสาหกรรม การคมนาคม เป็นต้น ดังนั้นการบริหารจัดการน้ำย่อมมีความสลับซับซ้อนและยุ่งยากมากขึ้นกว่าอ่างเก็บน้ำเอกประสงค์

หลักการสมดุลน้ำในอ่างเก็บน้ำ (Reservoir Water Balance Approach) นับเป็นทฤษฎีพื้นฐาน ที่สำคัญสำหรับประยุกต์ใช้ในงานด้านการปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำ (Reservoir Operation) โดยเฉพาะอย่างยิ่งในการออกแบบหาขนาดความจุของอ่างเก็บน้ำที่เหมาะสม (Reservoir Sizing) สำหรับใช้งานเพื่อ วัตถุประสงค์ต่าง ๆ ตลอดจนทำการวิเคราะห์สมดุลน้ำเพื่อประกอบการวางแผนและบริหารจัดการอ่างเก็บ น้ำให้มีประสิทธิภาพ สำหรับหลักการสมดุลของน้ำในอ่างเก็บน้ำนั้นเป็นลักษณะของการหาสมดุลของมวล น้ำทั้งหมดในอ่างเก็บน้ำ (Reservoir Mass Balance) โดยค่าผลต่างระหว่างเทอมผลรวมของปริมาณน้ำที่ ไหลเข้าอ่างเก็บน้ำสุทธิ (Net Inflow) กับเทอมผลรวมของปริมาณน้ำที่ไหลออกจากอ่างเก็บน้ำสุทธิ (Net Outflow) ซึ่งจะเท่ากับการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำเก็บกักในอ่างเก็บน้ำ (Reservoir Storage Change) ตลอดช่วงระยะเวลาที่พิจารณา ปริมาณน้ำที่ไหลเข้าอ่างทั้งจากแหล่งน้ำผิวดินและน้ำใต้ดิน (Surface Inflow and Groundwater Inflow) รวมถึงปริมาณฝนที่ตกลงอ่างเก็บน้ำ (Precipitation) โดยตรงนับได้ ว่าเป็นตัวแปรหลักของปริมาณน้ำที่ไหลเข้าอ่างเก็บน้ำและยังเป็นแหล่งน้ำต้นทุนที่สำคัญของระบบอ่างเก็บ น้ำ ในขณะที่ปริมาณน้ำที่ไหลออกจากอ่างเก็บน้ำเป็นผลจากปริมาณน้ำที่ปล่อยออกจากอ่างตามเกณฑ์การ ปฏิบัติการอ่างเก็บ น้ำในช่วงเวลานั้น ๆ โดยผ่านทางโครงสร้างของอาคารทางออก (Outlet Structure) ในช่วงของการปฏิบัติการปกติ (Normal Operation) และผ่านอาคารระบายน้ำล้น (Spillway) ในช่วง ของการปฏิบัติการในสภาวะน้ำหลาก (Refilled Operation) นอกจากนี้ ยังรวมถึงข้อมูลปริมาณการ สูญเสีย น้ำทั้งจากการระเหยและการรั่วซึมออกจากอ่างเก็บน้ำ

สำหรับรูปแบบทั่วไปของสมการสมดุลของน้ำในอ่างเก็บน้ำ (Reservoir Water Balance Equation) มีลักษณะดังนี้

$$S_{t+1} = S_t + Q_t + P_t - E_t - R_t = W_t - R_t$$

เมื่อ S_{t+1} = ปริมาณน้ำในอ่างเก็บน้ำตอนต้นเดือน t+1

S_t = ปริมาณน้ำในอ่างเก็บน้ำตอนต้นเดือน t

Q_t = ปริมาณที่ไหลเข้าสู่อ่างเก็บน้ำของเดือน t

P_t = ปริมาณฝนของเดือน t

E_t = อัตราการระเหยของเดือน t

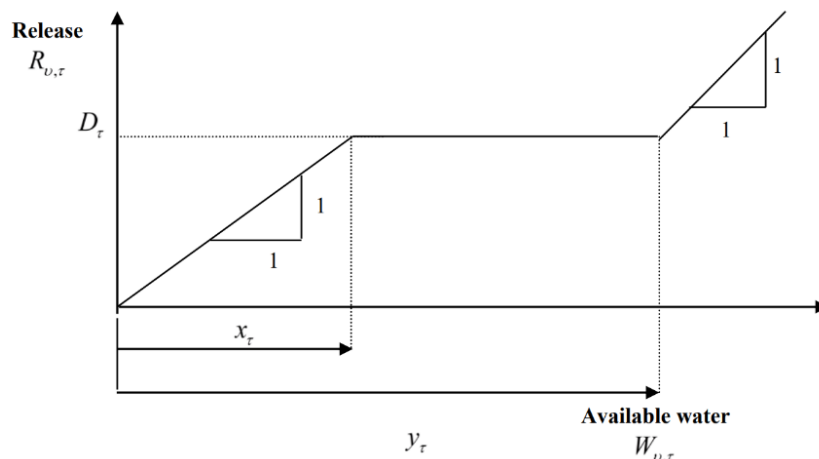
R_t = ปริมาณน้ำที่ปล่อยออกจากอ่างเก็บน้ำเดือน t

โดยสามารถประยุกต์ใช้สมการสมดุลของน้ำในอ่างเก็บน้ำเพื่อทำการวิเคราะห์สมดุลอ่างเก็บน้ำที่ ช่วงเวลาต่าง ๆ เช่น สมดุลอ่างเก็บน้ำรายปี (Annual Reservoir Water Balance) สมดุลอ่างเก็บน้ำราย ฤดูกาล (Seasonal Reservoir Water Balance) สมดุลอ่างเก็บน้ำรายเดือน (Monthly Reservoir Water Balance) และสมดุลอ่างเก็บน้ำรายวัน (Daily Reservoir Water Balance) เป็นต้น นอกจากนี้ ยังสามารถนำตัวแปรอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องมาพิจารณาร่วมด้วยไม่ว่าจะเป็น ปริมาณน้ำที่ถูกเก็บกักไว้บริเวณ ตลิ่ง (Bank Storage) ในช่วงที่ระดับน้ำเก็บกักในอ่างสูง หรือปริมาณน้ำที่สูญเสียออกไปจากบริเวณตลิ่ง (Bank Water Losses) ในช่วงที่ระดับน้ำเก็บกักในอ่างลดต่ำหรือปริมาณน้ำจากตลิ่งบางส่วนที่ไหลกลับเข้ามายังอ่างเก็บน้ำ (Return Flow Volume) อีกครั้งเป็นต้น อย่างไรก็ตาม ปริมาณน้ำเก็บกักและ ปริมาณน้ำที่สูญเสียจากบริเวณตลิ่งนี้ถือว่ามีค่าไม่มากนักเมื่อเทียบกับปริมาณน้ำอื่น ๆ ดังนั้นจึงมักไม่นำมาคิดในการวิเคราะห์สมดุลน้ำในอ่างเก็บน้ำ

2.2.3 นโยบายการปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำแบบมาตรฐาน (Standard Operating Policy)

นโยบายการปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำแบบมาตรฐาน (Standard Operating Policy, SOP) เป็นนโยบายที่ง่ายที่สุด บางครั้งอาจเรียกว่านโยบายการปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำแบบเชิงเส้นมาตรฐาน (Standard Linear Operating Policy, SLOP) ดังแสดงในภาพประกอบ 3 โดยในช่วงที่ปริมาณน้ำเก็บกักในอ่างเก็บน้ำมีน้อยกว่าปริมาณความต้องการน้ำเป้าหมาย (Target Demand) ปริมาณน้ำเก็บกักที่มีอยู่ในอ่างจะถูกปล่อยไปใช้ทั้งหมด ในขณะที่หากปริมาณน้ำเก็บกักในอ่างเก็บน้ำมีมากกว่าปริมาณความต้องการน้ำเป้าหมายแต่น้อยกว่าผลรวมของปริมาณความต้องการน้ำเป้าหมายและปริมาณน้ำเก็บกักสูงสุด จะทำการปล่อยน้ำเท่ากับความต้องการน้ำเป้าหมาย สำหรับปริมาณน้ำส่วนเกินจะเก็บกักไว้ในอ่างเก็บน้ำ และในกรณีที่ปล่อยน้ำเท่ากับความต้องการน้ำเป้าหมายไปแล้ว แต่

ไม่มีปริมาณอ่างมีพื้นที่ไม่เพียงพอที่จะเก็บกักน้ำส่วนเกินนี้ไว้ ปริมาณน้ำส่วนที่เกินความจุเก็บกักสูงสุดของอ่างเก็บน้ำจำเป็นต้องปล่อยออกไปในท้ายที่สุด (Jain and Singh, 2003)



ภาพประกอบ 3 นโยบายการปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำแบบมาตรฐาน
ที่มา: อนงค์ฤทธิ์ แข็งแรง (2563)

$$R_{v,t} = \begin{cases} D_t + W_{v,t} - y_t, & \text{for } W_{v,t} \geq y_t + D_t \\ D_t, & \text{for } x_t \leq W_{v,t} < y_t + D_t \\ D_t + W_{v,t} - x_t, & \text{for } x_t - D_t \leq W_{v,t} < x_t \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases} \quad (2.18)$$

เมื่อ $R_{v,t}$ = ปริมาณน้ำที่ระบายออกจากอ่างเก็บน้ำในช่วงปี v ของเดือน t
($t = 1$ ถึง 12 แทนเดือนมกราคม ถึง เดือนธันวาคม)

D_t = ความต้องการใช้น้ำทำอ่างของเดือน t

x_t = ขอบเขตล่างของโค้งปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำของเดือน t

y_t = ขอบเขตบนของโค้งปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำของเดือน t

$W_{v,t}$ = ปริมาณน้ำต้นทุนที่มีอยู่ของอ่างในเดือน t โดยคำนวณจากสมการ 2.19

$$W_{v,t} = S_{v,t} + Q_{v,t} + P_{v,t} - E_{v,t} \quad (2.19)$$

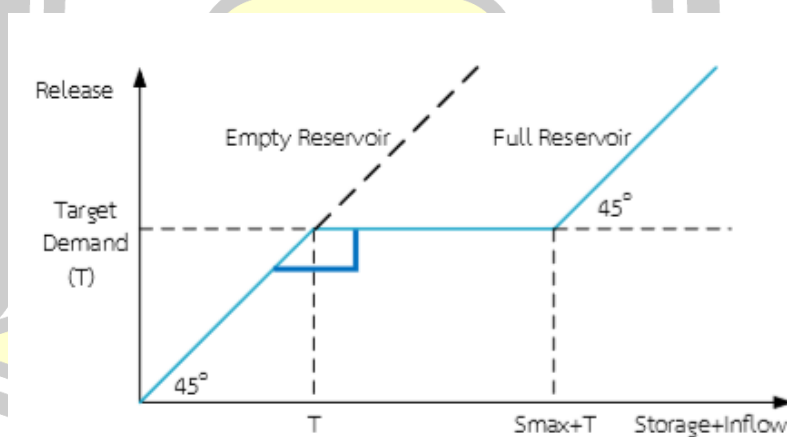
เมื่อ $S_{v,t}$ = ปริมาณน้ำเก็บกักของอ่างเก็บน้ำตอนต้นเดือน t ปี v

$Q_{v,t}$ = ปริมาณน้ำท่ารายเดือนที่ไหลเข้าอ่างเก็บน้ำในเดือน t ปี v

$P_{v,t}$ = ปริมาณฝนที่ตกลงในอ่างเก็บน้ำในเดือน t ปี v

$$E_{v,t} = \text{ค่าการระเหยรายเดือนเฉลี่ยเดือน } t \text{ ปี } v$$

จะเห็นได้ว่าปริมาณน้ำในอ่างเก็บน้ำจะค่อย ๆ ลดลงจากสมการการปล่อยน้ำที่ และกลับมาเต็มอ่างอีกครั้งจากสมการการปล่อยน้ำที่ ซึ่งโซนการปล่อยน้ำที่เหมาะสมจะอยู่ระหว่างเส้นแสดงสถานะว่างและสถานะของน้ำเต็มความจุของอ่างเก็บน้ำ อาจกล่าวได้ว่าการกำหนดการปล่อยน้ำในช่วงเวลาใด ๆ ด้วยนโยบายการปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำแบบมาตรฐานจะไม่สัมพันธ์กับการกำหนดการปล่อย น้ำในช่วเวลาอื่น ๆ เลย หรือเป็นแนวทางการปล่อยน้ำที่มีลักษณะแตกต่างกันไปตามช่วงเวลา ถึงแม้ว่า นโยบายนี้ จะถูกนำมาใช้ในการศึกษาเพื่อวางแผนการปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำ อย่างไรก็ตาม นโยบายการ ปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำแบบมาตรฐานไม่เหมาะสำหรับการปฏิบัติการระยะสั้นวันต่อวัน และอาจจำเป็นต้อง ปรับเปลี่ยนแนวทางปฏิบัติเพื่อให้เกิดความยืดหยุ่นมากยิ่งขึ้น ยกตัวอย่างเช่น ถ้า ปริมาณน้ำเก็บกักที่มีอยู่ ในอ่างเก็บน้ำในขณะนั้นน้อยกว่าความต้องการน้ำในปัจจุบันและอีก 3 เดือน ข้างหน้า ผู้ปฏิบัติงานอาจ จำกัดปริมาณน้ำที่ปล่อยให้ลดลงจากความต้องการน้ำเป้าหมายเดิมในช่วงเวลาดังกล่าวได้ ทั้งนี้ การจำกัด ปริมาณน้ำที่ปล่อยให้ได้จะขึ้นอยู่กับสถานะของน้ำในอ่างเก็บน้ำ นั้น ๆ ด้วย หรืออาจกำหนดในลักษณะ เป็นระดับน้ำหลาย ๆ ชั้นโดยการนำเทคนิคการจำลองระบบ มาประยุกต์ใช้เพื่อหาจำนวนชั้น ระดับน้ำที่ เหมาะสมเพื่อจำกัดปริมาณน้ำที่ปล่อยได้จากอ่างตาม ระดับน้ำเก็บกักที่มีในอ่างหรือเรียกว่า เกณฑ์การจำกัดการปล่อยน้ำ (Rationing Rule) ดังแสดงใน ภาพประกอบ 4



ภาพประกอบ 4 เกณฑ์การจำกัดการปล่อยน้ำ (Rationing Rule)

ที่มา : ผศ.ดร.อารียา ฤทธิมา (2561)

2.2.4 เกณฑ์การปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำแบบ Hedging (Hedging Rules)

เป็นเกณฑ์การปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำที่พยายามลดการส่งน้ำในบางช่วงเวลาเพื่อเก็บกักน้ำไว้ในช่วงเวลาถัดไป แม้ว่าปริมาณน้ำเก็บกักที่มีอยู่ในอ่าง จะสามารถตอบสนองต่อปริมาณ

ความต้องการน้ำเป้าหมายได้อย่างเต็มศักยภาพก็ตาม อาจกล่าวได้ว่า เกณฑ์การปฏิบัติการแบบ Hedging เป็นความพยายามที่จะลดปัญหาการขาดแคลนน้ำอย่างรุนแรงที่อาจเกิดขึ้นได้ในอนาคต ด้วยการกระจายการขาดแคลนน้ำในเวลาปัจจุบันล่วงหน้า ซึ่งเหมาะสมอย่างยิ่งสำหรับระบบที่มีความต้องการใช้น้ำสูง แต่ประสบปัญหาในด้านความผันแปรของข้อมูลปริมาณน้ำที่ไหลเข้าอ่างเก็บน้ำ (Bayazit and Önöz, 2005; Neelakantan and Pundarikanthan, 2000; Shiau, 2003) โดยทั่วไปแล้ว เกณฑ์การปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำแบบ Hedging จะปรากฏในรูปแบบต่างๆ ดังแสดงในภาพประกอบ 5 (Draper & Lund, 2004) ดังนี้ คือ

1) One-Point Hedging

การปล่อยน้ำจะเริ่มต้นจากจุดกำเนิดและจะเพิ่มขึ้นในลักษณะเส้นตรงที่มีความชันน้อยกว่า 1 จนกระทั่งไปตัดเส้นระดับเป้าหมายของการปล่อยน้ำ

2) Two-Point Hedging

เป็นเกณฑ์การปฏิบัติงานอ่างเก็บน้ำแบบ Hedging ที่มีลักษณะเป็นเส้นตรงตัดผ่านจุดตัด 2 จุด คือ จุดแรกจะอยู่สูงกว่าจุดกำเนิดขึ้นไปและอยู่บนเส้นนโยบายการปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำแบบมาตรฐานในช่วงที่เกิดการขาดแคลนน้ำ และจุดที่สองจะเป็นจุดตัดที่อยู่บนเส้นระดับเป้าหมายของการปล่อยน้ำ โดยเส้นตรงที่ตัดผ่านนี้จะมีความชันน้อยกว่า 1

3) Three-Point Hedging

เป็นเกณฑ์ที่เพิ่มจุดตรงกลางขึ้นอีกหนึ่งจุดจากเกณฑ์การปฏิบัติงานแบบ Two-Point Hedging

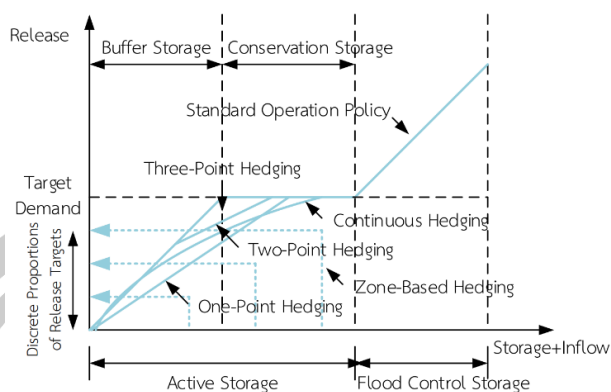
4) Continuous Hedging

สัดส่วนความชันของเกณฑ์การปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำในรูปแบบนี้จะมีลักษณะต่อเนื่อง

5) Multiple/Zone-Based Hedging

กำหนดสัดส่วนการปล่อยน้ำในแต่ละโซนเก็บกักเทียบกับปริมาณความต้องการน้ำตามเป้าหมายของระบบในลักษณะของสัดส่วนการปล่อยน้ำแบบไม่ต่อเนื่อง (Discrete Proportion)

พูน ปณ จิต ชีเว



ภาพประกอบ 5 เกณฑ์การปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำแบบ Hedging
ที่มา: Draper and Lund (2004)

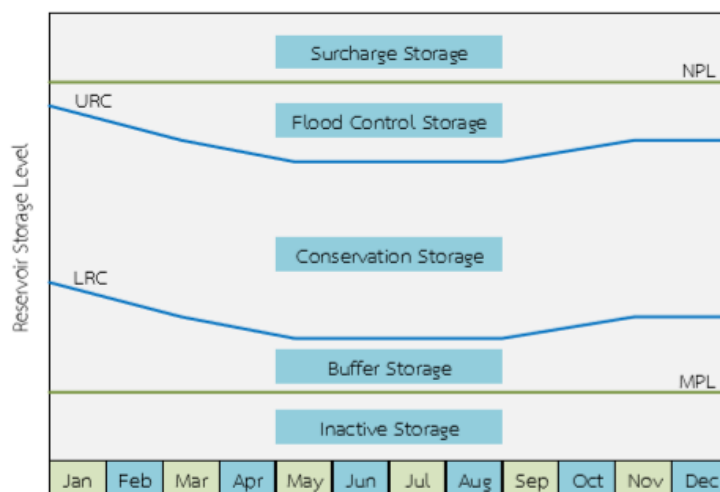
2.2.5 หลักการปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำด้วยโค้งควบคุม

การปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำเป็นเครื่องมือที่มีประโยชน์ต่อการปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำ ซึ่งมีหลายแบบ แต่ละแบบจะบอกปริมาณน้ำที่ต้องปล่อยจากอ่างเก็บน้ำหรือไม่ก็บอกปริมาณน้ำที่ต้องการเก็บกักในอ่างเก็บน้ำในช่วงเวลาต่างๆ ของปีซึ่งเรียกว่า โค้งกฎการปฏิบัติงาน (Rule curves) และหนึ่งในจำนวนที่มากมายของเครื่องมือที่มีประโยชน์ต่อการปฏิบัติงานอ่างเก็บน้ำคือ โค้งปฏิบัติงานอ่างเก็บน้ำ (Reservoir operation rule curve) หรือบางครั้งเรียกว่าโค้งแนวปฏิบัติ (Guide curve) ซึ่งจะได้จากการวิเคราะห์ข้อมูลอุทกวิทยาในอดีต (Historical data) ซึ่งมีเงื่อนไขต่างๆ กันร่วมกับความต้องการน้ำในการปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำ โดยเฉพาะอ่างเก็บน้ำแบบอเนกประสงค์นั้น จำเป็นต้องมีเกณฑ์ในการปฏิบัติงานหลายเกณฑ์ร่วมกัน เช่น เกณฑ์ทางด้านสังคม เศรษฐศาสตร์และวิศวกรรม เป็นต้น ซึ่งจะก่อให้เกิดประโยชน์มีความยุติธรรมและประสิทธิภาพมากที่สุด หลังจากนั้นจึงสร้างเป็นกฎการปฏิบัติงานอ่างเก็บน้ำ และพัฒนาให้เป็นเครื่องมืออย่างง่ายในการปฏิบัติคือ โค้งการปฏิบัติงานอ่างเก็บน้ำ ซึ่งหลักการของการพัฒนาโค้งกฎการปฏิบัติงานอ่างเก็บน้ำคือช่วงฤดูฝนจะพร่องน้ำออกจากอ่างเก็บน้ำในแต่ละช่วงเวลาที่กำหนดในปริมาณเท่าใด เพื่อให้มีปริมาณว่างสำหรับรับปริมาณน้ำหลากที่จะไหลเข้าอ่างเก็บน้ำโดยไม่เกิดการไหลล้นอ่าง ซึ่งจะก่อให้เกิดอุทกภัยในบริเวณท้ายอ่างเก็บน้ำ หรือหากเกิดการไหลล้นอ่างก็ให้น้อยที่สุด และในขณะเดียวกันต้องรักษาปริมาณน้ำในอ่างเก็บน้ำไว้ในฤดูแล้ง ซึ่งเส้นโค้งของกฎการปฏิบัติงานอ่างเก็บน้ำเส้นนี้เรียกว่า Upper Rule Curve (URC) และในช่วงฤดูแล้งจะรักษาปริมาณน้ำไว้ในอ่างเก็บน้ำในแต่ละช่วงเวลาที่กำหนดไว้เท่าใด จึงจะลดความเสี่ยงต่อการเกิดน้ำแห้งในอ่างเก็บน้ำ ซึ่งโค้งของกฎการปฏิบัติงานอ่างเก็บน้ำเส้นนี้เรียกว่า Lower Rule Curve (LRC)

2.3 โค้งเกณฑ์การปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำ (Reservoir Rule Curve)

โค้งเกณฑ์การปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำ (Reservoir Rule Curve) เป็นเกณฑ์ที่ใช้ในการปฏิบัติงาน โดยกำหนดระดับน้ำเก็บกักเป้าหมาย (Target Storage Level) เพื่อช่วยในการตัดสินใจปล่อยน้ำให้ตอบสนองความต้องการน้ำต่าง ๆ ได้สูงสุด โค้งเกณฑ์การปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำปรากฏในรูปแบบต่าง ๆ เช่น ระดับน้ำเก็บกักเทียบกับเวลา หรือปริมาตรเก็บกักเทียบกับเวลา เป็นต้น อย่างไรก็ตาม ส่วนบนสุดของโซนเก็บกักที่ใช้ได้จะถือว่าเป็นรูปแบบทั่วไปในการออกแบบโค้งเกณฑ์การปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำ (Vudhivanich, 1986; Wurbs, 2005) กล่าวว่าการปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำในปัจจุบันนิยมใช้โค้งเกณฑ์การปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำ ซึ่งเป็นเกณฑ์ที่กำหนดไว้ล่วงหน้า นอกจากนี้ โค้งเกณฑ์การปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำยังสร้างความเชื่อมั่นว่าน้ำในอ่างจะเพียงพอต่อการตอบสนองความต้องการในอนาคต ตราบเท่าที่สภาพอุทกวิทยาไม่เปลี่ยนแปลงไปจากเดิม (Vudhivanich, 1986) โดยทั่วไป โค้งเกณฑ์การปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำสร้างขึ้นจากการศึกษาปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำ โดยใช้ข้อมูลจากการตรวจวัดในอดีต หรือข้อมูลที่ได้จากการสังเคราะห์ รวมถึงข้อมูลในช่วงวิกฤตเป็นสำคัญ อาจกล่าวได้ว่า โค้งเกณฑ์การปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำพัฒนาภายใต้ข้อสมมุติฐานว่าอ่างเก็บน้ำสามารถปล่อยน้ำได้เพียงพอต่อการใช้งานต่าง ๆ โดยพยายามรักษาระดับน้ำเก็บกักเป้าหมายในแต่ละช่วงเวลาให้สอดคล้องกับโค้งเกณฑ์ที่กำหนดไว้ นอกจากนี้ โค้งเกณฑ์การปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำอาจถูกพัฒนาขึ้นเพื่อใช้สำหรับวัตถุประสงค์เฉพาะ เช่น การอุปโภคบริโภค การชลประทาน การผลิตพลังงานไฟฟ้า และการควบคุมน้ำท่วม ส่วนประกอบสำคัญของโค้งเกณฑ์การปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำประกอบด้วยเส้นระดับเก็บกักน้ำสูงสุด (Upper Rule Curve) และเส้นระดับเก็บกักน้ำต่ำสุด (Lower Rule Curve) โดยเส้นระดับเก็บกักน้ำสูงสุดหมายถึงระดับน้ำสูงสุดของอ่างเก็บน้ำที่ยังทำให้ความเสี่ยงต่อการไม่มีพื้นที่เพียงพอสำหรับรับน้ำนองอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ ส่วนเส้นระดับเก็บกักน้ำต่ำสุดหมายถึงระดับน้ำต่ำสุดที่ควรรักษาไว้เพื่อหลีกเลี่ยงความเสี่ยงต่อการขาดแคลนน้ำในอนาคต หรือให้ความเสี่ยงดังกล่าวอยู่ในระดับที่ยอมรับได้ ทั้งสองเส้นจะเปลี่ยนแปลงตามเวลาที่พิจารณา ดังแสดงในภาพประกอบ 6

อย่างไรก็ตาม วิธีการสร้างโค้งเกณฑ์การปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำที่ค่อนข้างง่ายประกอบด้วย โค้งเกณฑ์การปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำที่อิงจากความน่าจะเป็น (Probability-Based Rule Curve) และ โค้งเกณฑ์การปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำแบบปริมาตรเก็บกักกว้างต่ำสุด (Minimum Vacancy Storage Requirement Rule Curve)



ภาพประกอบ 6 ตัวอย่างของโค้งเกณฑ์การปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำ
ที่มา : ผศ. ดร. อารียา ฤทธิมา (2561)

โค้งควบคุมหรือโค้งปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำ (Rule Curve) จะถูกสร้างขึ้นโดยยึดหลักการ ให้ปริมาณน้ำขาดแคลนน้อยที่สุด ในขณะที่เดียวกันต้องปล่อยน้ำให้เพียงพอกับความต้องการด้านต่างๆ แนวคิดของโค้งควบคุมอ่างเก็บน้ำ คือ การบริหารจัดการระดับน้ำในอ่างเก็บน้ำ ณ เวลาใดๆ ให้เป็นไปตามโค้งปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำที่สร้างขึ้นมา โดยมีแนวทางการค้นหาโค้งควบคุมอ่างเก็บน้ำที่เหมาะสมดังนี้

1) รวบรวมข้อมูลพื้นฐาน ซึ่งประกอบไปด้วย

- (1) ข้อมูลอ่างเก็บน้ำ ประกอบด้วยข้อมูลที่สำคัญ คือ ระดับความจุของอ่างเก็บน้ำ และโค้งความสัมพันธ์ระหว่างระดับเก็บกัก-ความจุ-พื้นที่ผิวน้ำ
- (2) ข้อมูลอุตุ-อุทกวิทยา ประกอบด้วยข้อมูลที่สำคัญ คือ ข้อมูลรายเดือนของปริมาณฝน, ข้อมูลปริมาณน้ำไหลลงอ่างเก็บน้ำและข้อมูลประมาณการระเหย
- (3) ข้อมูลความต้องการใช้น้ำ ประกอบด้วยข้อมูลที่สำคัญ คือ ความต้องการใช้น้ำเพื่อการชลประทาน, ความต้องการใช้น้ำเพื่อการอุปโภค-บริโภค, ความต้องการใช้น้ำเพื่อการคมนาคมรักษาระบบนิเวศ และความต้องการใช้น้ำเพื่อการอุตสาหกรรม

2) คำนวณหาความต้องการใช้น้ำสุทธิจากอ่างเก็บน้ำ (Net Demand) จากสมการ 2.20

$$\text{Net Demand} = W_s + I_{dd} + E_{nv} + (I_{rr} - E_{ff_rainfall}) \quad (2.20)$$

เมื่อ W_s = ความต้องการด้านอุปโภค-บริโภค
 I_{dd} = ความต้องการด้านอุตสาหกรรม
 E_{nv} = ความต้องการด้านรักษาระบบนิเวศท้ายน้ำ
 I_{rr} = ความต้องการด้านชลประทาน
 $E_{ff_rainfall}$ = ปริมาณฝนใช้การ

ในกรณีปริมาณฝนใช้การมีค่ามากกว่าความต้องการด้านชลประทานจะหาความต้องการใช้น้ำสุทธิ จากสมการ 2.21

$$\text{Net Demand} = W_s + I_{dd} + E_{nv} \quad (2.21)$$

3) คำนวณหาปริมาณน้ำใช้การในแต่ละเดือน (Available Water) จากสมการ 2.19

4) พิจารณาปริมาณน้ำที่ต้องระบาย (Water Release)

ปริมาณน้ำที่จะต้องระบายในแต่ละเดือนพิจารณาจากปริมาณน้ำที่สามารถใช้การได้ในเดือนนั้นๆ ความต้องการใช้น้ำสุทธิ และเกณฑ์การปล่อยน้ำมาตรฐาน ในการพิจารณาปริมาณน้ำที่ต้องระบายในเดือนนั้นๆ จะต้องพิจารณาจากข้อมูลต่างๆ ประกอบกันคือ

2.3.1 การชลประทาน (Irrigation) ความต้องการน้ำเพื่อการชลประทานเป็นปริมาณน้ำที่พืชต้องการใช้ในการเจริญเติบโต รวมทั้ง การระเหยในแปลงเพาะปลูกหรืออาจเรียกว่า การคายระเหยน้ำของพืช (Evapotranspiration) ซึ่งมี ลักษณะของการใช้น้ำไปใช้แล้วหมดไป (Consumptive Use) โดยมีน้ำที่เหลือใช้บางส่วนที่ถูกดึงกลับไป ใช้ในระบบได้อีกในรูปของ Return Flow แต่คิดเป็นสัดส่วนไม่มากนัก ความต้องการน้ำเพื่อการ ชลประทานสัมพันธ์โดยตรงกับปริมาณน้ำฝนในพื้นที่ ในขณะเดียวกันจะผันแปรตามฤดูกาลโดยขึ้นอยู่กับ รูปแบบการเพาะปลูกพืช (Cropping Pattern) โดยทั่วไปแล้วปริมาณความต้องการน้ำชลประทานในฤดู ฝนจะไม่สูงนักเนื่องจากพืชใช้น้ำส่วนหนึ่งจากฝนใช้การ (Effective Rainfall) แต่จะมีปริมาณค่อนข้างสูง ในช่วงฤดูร้อนและฤดูหนาวสำหรับบางประเทศ ความรุนแรงของสถานการณ์ภัยแล้งที่เกิดขึ้นจึงขึ้นอยู่กับปริมาณน้ำเก็บกักที่มีอยู่ในอ่างเก็บน้ำในขณะนั้น ด้วยเหตุนี้ จึงจำเป็นที่จะเก็บกักน้ำไว้ในอ่างให้ได้มากที่สุด เพื่อให้เพียงพอกับปริมาณความต้องการน้ำในปัจจุบัน

2.3.2 การจัดหาน้ำเพื่อการอุปโภคบริโภคและอุตสาหกรรม (Municipal and Industrial Water Supply) โดยทั่วไปแล้วปริมาณความต้องการน้ำเพื่อการอุปโภคบริโภคและอุตสาหกรรมจะ

เปลี่ยนแปลง ค่อนข้างน้อยในช่วงเวลาหนึ่งปี ซึ่งแตกต่างจากวัตถุประสงค์เพื่อการชลประทานและการผลิตพลังงาน ไฟฟ้าซึ่งผันแปรตามช่วงฤดูกาลอย่างชัดเจน อย่างไรก็ตามปริมาณความต้องการน้ำเพื่อการอุปโภคบริโภค และอุตสาหกรรมจะขึ้นอยู่กับอัตราการขยายตัวของประชากรที่เพิ่มสูงขึ้นตามเวลา นอกจากนี้ ค่าปริมาณ ความต้องการน้ำสูงสุดจะเกิดขึ้นในช่วงฤดูแล้ง อาจกล่าวได้ว่าการคาดการณ์ข้อมูลการเพิ่มขึ้นของ ประชากรและการเจริญเติบโตของภาคอุตสาหกรรมในอนาคตถูกนำมาใช้เป็นข้อมูลหลักที่สำคัญในการ วางแผนโครงการพัฒนาแหล่งน้ำเพื่อประมาณการปริมาณความต้องการน้ำของโครงการได้อย่างถูกต้อง และแม่นยำขึ้น

2.3.3 การผลิตไฟฟ้าพลังงานน้ำ (Hydroelectric Power) น้ำเป็นแหล่งพลังงานทดแทนอย่างหนึ่งที่นำมาใช้แทนน้ำมันเชื้อเพลิงในปัจจุบัน โดยถูกจัดให้อยู่ ในกลุ่มของพลังงานหมุนเวียนที่สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้อีก และเป็นพลังงานที่สะอาดที่ไม่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม พลังงานน้ำถูกนำมาใช้ประโยชน์ในการผลิตพลังงานไฟฟ้าในรูปของไฟฟ้าพลังงานน้ำ (Hydropower) โดยการปล่อยน้ำจากอ่างเก็บน้ำผ่านอาคารโรงไฟฟ้าซึ่งภายในจะประกอบไปด้วยกลไกที่ ทำหน้าที่แปลงพลังงานน้ำให้กลายเป็นพลังงานไฟฟ้า ก่อนที่จะปล่อยออกทางด้านท้ายน้ำเพื่อนำไปใช้ ประโยชน์ในกิจกรรมอื่น ๆ ต่อไป (Downstream Uses) ด้วยเหตุนี้ วัตถุประสงค์เพื่อการผลิตพลังงาน ไฟฟ้าจึงเป็นส่วนหนึ่งของโครงการพัฒนาแหล่งน้ำอเนกประสงค์ ในปัจจุบันพบว่าเทคโนโลยีทางด้านไฟฟ้าพลังงานน้ำถูกพัฒนาขึ้นเป็นลำดับตั้งแต่โรงไฟฟ้าขนาดใหญ่ที่สามารถผลิตพลังงานไฟฟ้าเพื่อรองรับกับความต้องการในพื้นที่ชุมชนเมืองขนาดใหญ่จนกระทั่งไปถึงโรงไฟฟ้าขนาดเล็กเพื่อผลิตพลังงานไฟฟ้าไปใช้ ในพื้นที่ชุมชนขนาดเล็กที่อยู่ห่างไกล มีการประมาณการว่าประมาณหนึ่งในสี่ของพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้ ทั่วโลกเป็นไฟฟ้าพลังงานน้ำ สำหรับข้อดีของไฟฟ้าพลังงานน้ำมีดังต่อไปนี้ (1) เป็นพลังงานหมุนเวียน (Renewable Energy) ที่สามารถนำกลับมาใช้งานได้ใหม่ (2) โรงไฟฟ้าพลังงานน้ำมีอายุการใช้งานค่อนข้างยาว การปฏิบัติการและการบำรุงรักษาค่อนข้าง น้อย (3) ในกระบวนการผลิตไฟฟ้าพลังงานน้ำไม่ก่อให้เกิดมลภาวะที่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม กล่าวคือไม่มีการปล่อยพลังงานความร้อนและแก๊สอันตรายต่าง ๆ ออกมา (4) ประสิทธิภาพในการผลิตไฟฟ้าพลังงานน้ำค่อนข้างสูงตั้งแต่ 90% ขึ้นไปเมื่อเปรียบเทียบกับ ไฟฟ้าพลังงานความร้อนที่มีประสิทธิภาพในการผลิตไฟฟ้าค่อนข้างต่ำ (5) การควบคุมการเปิด-ปิดของระบบโรงไฟฟ้าพลังงานน้ำทำได้ในเวลาอันสั้นโดยไม่ต้องสูญเสียน้ำเพิ่มขึ้นความต้องการพลังงานไฟฟ้าจะผันแปรตามฤดูกาล หรือแม้กระทั่งรายวัน และรายชั่วโมงที่ปริมาณ ความต้องการไฟฟ้าไม่คงที่ในแต่ละวันหรือแต่ละชั่วโมงทั้งนี้ความผันแปรจะขึ้นอยู่กับประเภทของความ ต้องการไฟฟ้าในกิจกรรมต่าง ๆ เช่น ภาคอุตสาหกรรม ภาคชุมชนเมือง และภาคเกษตรกรรม เป็นต้น ปริมาณความต้องการใช้ไฟฟ้าสูงสุดในพื้นที่ ชุมชนเมืองจะอยู่ในช่วงฤดูร้อน และในแต่ละวันปริมาณความ ต้องการใช้ไฟฟ้าสูงสุดในช่วงตอนเช้าและตอนกลางคืน

2.3.4 การบรรเทาอุทกภัย (Flood Control) อ่างเก็บน้ำเพื่อการป้องกันน้ำท่วมสร้างและออกแบบขึ้นมาเพื่อลดขนาดปริมาณน้ำหลากขนาด ใหญ่ที่ไหลเข้าสู่อ่างเก็บน้ำโดยการหน่วงน้ำส่วนหนึ่งไว้ในอ่างก่อนที่จะปล่อยออกสู่ทางด้านท้ายน้ำใน ช่วงเวลาถัดไป ทั้งนี้เพื่อรักษาสมดุลของน้ำในอ่างเก็บน้ำและทางด้านท้ายน้ำ ด้วยเหตุนี้ความสามารถใน การรักษาปริมาตรว่างของอ่างเก็บน้ำ เพื่อให้เพียงพอที่จะรองรับปริมาณน้ำหลากที่จะไหลเข้าอ่างจึงเป็นตัวชี้วัดความสำเร็จในการปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำเพื่อการป้องกันน้ำท่วม อย่างไรก็ตามปริมาณน้ำที่ปล่อยจาก อ่างจะต้องน้อยกว่า ความจุเก็บกักท้ายลำน้ำที่สามารถรับได้

แนวคิดพื้นฐานในการปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำ(Basic Concepts of Reservoir Operation) ปริมาณน้ำเก็บกักในอ่างเก็บน้ำโดยปกติแล้วจะมีการเพิ่มขึ้นและลดลงเป็นวัฏจักรหรือที่เรียกว่า วัฏจักรน้ำเพิ่ม-น้ำลด (Refilled-Drawdown Cycle) ซึ่งส่วนใหญ่จะอยู่ในช่วงเวลา 1 ปี ยกเว้นในกรณีที่ ความจุเก็บกักของอ่างเก็บน้ำ(Reservoir Capacity) มีขนาดใหญ่มากเมื่อเทียบกับขนาดของปริมาณ น้ำที่ ไหลเข้าอ่าง (Streamflow) อย่างไรก็ตามระยะเวลาของวัฏจักรอาจเกิดติดต่อกันหลายปี โดยเฉพาะใน บริเวณพื้นที่แห้งแล้ง ในหลาย ๆ พื้นที่ของโลกพบว่าช่วงเวลาที่ปริมาณน้ำเก็บกักในอ่างเก็บน้ำเพิ่ม (Refilled Period) (พิจารณาจากปริมาณน้ำที่ไหลเข้าอ่างมีมากกว่าปริมาณความต้องการ น้ำและปริมาณ น้ำที่ไหลเข้าอ่างส่วนเกินนี้จะถูกเก็บกักไว้ในอ่างสำหรับใช้ประโยชน์ต่อไป และ ช่วงเวลาที่ปริมาณน้ำเก็บกักในอ่างเก็บน้ำลดลง (Drawdown Period) (พิจารณาจากปริมาณน้ำที่ ไหลเข้าอ่างน้อยกว่าปริมาณ ความต้องการน้ำและปริมาณน้ำที่มีอยู่จะถูกดึงไปใช้ในกิจกรรมการใช้น้ำ ต่าง ๆ) จะแตกต่างกันอย่างเห็น ได้ชัดกล่าวคือ ในช่วงมรสุมปริมาณน้ำจะไหลเข้าอ่างในปริมาณมาก ในหลาย ๆ ประเทศพบว่าสัดส่วนปริมาณน้ำที่ไหลเข้าอ่างเก็บน้ำมาจากการละลายของหิมะ ด้วยเหตุนี้ ประสิทธิภาพในการปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำจึงขึ้นอยู่กับผลการพยากรณ์ข้อมูลภูมิอากาศและข้อมูล ปริมาณน้ำที่ไหลเข้าอ่างที่น่าเชื่อถือได้เป็นสำคัญ (ผศ.ดร.อารียา ฤทธิมา 2560)

อ่างเก็บน้ำจำนวนมากยังออกแบบขึ้นมาเพื่อเก็บกักน้ำไว้ในหลาย ๆ ปีข้างหน้าด้วยเหตุนี้ นโยบายในการปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำจึงขึ้นอยู่กับเป้าหมายในระยะยาวที่ตั้งไว้ และการคาดการณ์ ปริมาณ น้ำที่มีอยู่ในอ่างเก็บน้ำ (Water Availability) จำเป็นต้องอาศัยข้อมูลระยะยาวในการ วิเคราะห์ นอกจากนี้ การคาดการณ์ปริมาณความต้องการน้ำในอนาคตยังเป็นสิ่งจำเป็นเพื่อกำหนดการปล่อยน้ำจากอ่างเก็บน้ำ ในระยะยาวให้เหมาะสมนั่นเอง (Jain & Singh, 2003)

2.4 การค้นหาโค้งควบคุมอ่างเก็บน้ำที่เหมาะสม

หลักการพัฒนาโค้งเกณฑ์การปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำ (Concept of Rule Curve Derivation) การพัฒนาโค้งเกณฑ์การปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำขึ้นอยู่กับประเภของอ่างเก็บน้ำและวัตถุประสงค์ของ การใช้งานของโครงการ โดยปกติแล้วการจัดแบ่งประเภของอ่างเก็บน้ำอาจแบ่งได้เป็นอ่างเก็บน้ำแบบ

ฤดูกาล (Seasonal Reservoir) ซึ่งสามารถผันน้ำไปใช้ได้ตลอดฤดูกาล และอ่างเก็บน้ำแบบรายปี (Multi-Annual Reservoir) ที่สามารถนำน้ำไปใช้จากอ่างเก็บน้ำได้หลายปีติดต่อกัน สำหรับอ่างเก็บน้ำแบบฤดูกาลเป็นลักษณะของการเก็บกักน้ำในฤดูฝนซึ่งมีปริมาณมากไปใช้ประโยชน์ในช่วงฤดูแล้ง ในขณะที่อ่างเก็บน้ำแบบ รายปีเป็นลักษณะของการเก็บกักน้ำในฤดูฝนไปใช้ประโยชน์ในช่วงฤดูแล้งในหลาย ๆ ปีติดต่อกัน และถ้า หากอ่างเก็บน้ำสามารถเก็บกักน้ำไว้ใช้ได้เพียงพอตลอดฤดูกาล โดยเฉพาะในปีวิกฤตก็จะเป็นการรับประกัน ได้น้ำในอ่างจะมีเพียงพอสำหรับใช้ในปีถัดไปอย่างแน่นอน

ไค้เกณฑ์การปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำขึ้นอยู่กับรูปแบบของ ปริมาณน้ำที่ไหลเข้าอ่างในปีวิกฤต (Critical Year) ดังนั้นควรจะมีการพัฒนาไค้เกณฑ์การปฏิบัติการอ่าง เก็บน้ำจากข้อมูลในปีที่เข้าใกล้ปีวิกฤต (Near-Critical Year) รวมด้วย จากนั้นนำไค้เกณฑ์การปฏิบัติการ อ่างเก็บน้ำที่พัฒนาได้มาพล็อตในกราฟเดียวกับไค้เกณฑ์การปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำที่ได้จากข้อมูลปีวิกฤต ซึ่งผลที่ได้อาจจะซ้อนทับกันในหลาย ๆ จุดก็ได้ หลังจากนั้นหาปรับไค้ให้เรียบก็จะได้ไค้เกณฑ์การ ปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำที่ต้องการ

การปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำด้วยไค้เกณฑ์การปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำ (Operation of a Reservoir Using Rule Curves) มีโอกาสเป็นไปได้ในหลาย ๆ แนวทางหากนำไค้เกณฑ์การปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำไปใช้ดำเนินการ กล่าวคือ หากระดับน้ำในอ่างที่เวลาใด ๆ สูงกว่าระดับเก็บกักน้ำเป้าหมายของไค้เกณฑ์การปฏิบัติการอ่าง เก็บน้ำที่เวลานั้น ๆ ผู้ปฏิบัติงานสามารถปล่อยน้ำได้เพียงพอตามความต้องการ และเมื่อปริมาณเก็บกักที่มีอยู่ในอ่างเข้าใกล้ระดับเก็บกักน้ำเป้าหมายของไค้เกณฑ์การปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำ การปล่อยน้ำจะถูก จำกัดด้วยปริมาณน้ำที่มีอยู่เพื่อรักษาระดับน้ำเก็บกักในอ่างไม่ให้ต่ำกว่าระดับของไค้เกณฑ์การปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำ และในบางช่วงเวลาหากระดับน้ำเก็บกักในอ่างต่ำกว่าระดับของไค้เกณฑ์การปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำค่อนข้างมาก จะต้องลดปริมาณน้ำที่ปล่อยจากอ่างลงเพื่อรักษาปริมาณน้ำเก็บกักเป้าหมายในอ่างตาม ไค้เกณฑ์การปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำนั้น

นอกจากนี้ ยังสามารถพัฒนาไค้เกณฑ์การปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำในหลาย ๆ รูปแบบเพื่อประยุกต์ใช้ในสถานการณ์น้ำที่แตกต่างกันเพื่อเพิ่มความยืดหยุ่นในการปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำอย่างไรก็ดีมีหลายสาเหตุที่ทำให้บางช่วงเวลาไม่สามารถปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำตามไค้เกณฑ์การ ปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำได้เช่น ปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำน้อย หรือในทางกลับกันปริมาณความต้องการ น้ำน้อยมากจนไม่จำเป็นต้องปล่อยน้ำตามเงื่อนไขการปล่อยน้ำของไค้เกณฑ์การปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำ การควบคุมระดับน้ำเก็บกักให้เป็นไปตามที่กำหนดโดยไค้เกณฑ์การปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำในช่วงเวลาต่างๆ นั้นสามารถทำได้โดยการจำกัดการปล่อยน้ำจากเดิมลงในช่วงที่ระดับน้ำเก็บกักมีแนวโน้มที่จะ

ลดลงเรื่อย ๆ ในทางกลับกันอาจเพิ่มปริมาณน้ำที่ปล่อยสูงขึ้นเมื่อระดับน้ำเก็บกักมีแนวโน้มที่จะสูงขึ้นนั่นเอง

โดยปกติแล้วโค้งเกณฑ์การปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำสร้างขึ้นจากข้อมูลปริมาณน้ำที่ไหลเข้าอ่าง และ ปริมาณความต้องการน้ำในอดีต ซึ่งข้อมูลลักษณะดังกล่าวอาจจะไม่เกิดขึ้นซ้ำอีกในอนาคต ด้วยเหตุนี้ จึงควรจะมีการปรับโค้งเกณฑ์การปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำให้มีความทันสมัยอยู่ตลอดเวลา ปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำ ซึ่งจำเป็นต้องอาศัยข้อมูลที่มีความสมบูรณ์ การพัฒนาแบบจำลองที่ดี อุปกรณ์พื้นฐานเพียงพอ และบุคลากรผู้ปฏิบัติงานที่ได้รับการอบรมมาเป็นอย่างดี ตัวชี้วัดที่สำคัญในการพัฒนาโค้งเกณฑ์การปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำให้มีประสิทธิภาพก็คือต้องสามารถรับมือหรือจัดการอ่างเก็บน้ำได้เป็นอย่างดี โดยเฉพาะในช่วงที่ปริมาณน้ำเก็บกักมีจำกัดและจำเป็นต้องจัดสรรน้ำไปใช้ในวัตถุประสงค์ต่าง ๆ ให้เพียงพอ

2.5 การหาค่าความเหมาะสม

เทคนิคในการพัฒนาโค้งเกณฑ์ปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำ (Rule Curve Development Techniques) เกณฑ์การปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำ (Reservoir Operation Rules) นับเป็นเครื่องมือที่สำคัญในการบริหารจัดการอ่างเก็บน้ำให้ประสบความสำเร็จและเพิ่มความเชื่อมั่นในการตัดสินใจปล่อยน้ำ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในช่วงวิกฤตของอ่างเก็บน้ำซึ่งมีโอกาสเสี่ยงที่จะปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำล้มเหลว ทั้งจากการปล่อยน้ำ ส่วนเกินให้ไหลล้นอ่างและการส่งน้ำไม่เพียงพอตามปริมาณความต้องการน้ำ ส่งผลให้เกิดการขาดน้ำ ตามมา ด้วยเหตุนี้จึงจำเป็นต้องหาแนวทางปฏิบัติเพื่อให้การปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำบรรลุผลสำเร็จตามแผนที่ตั้งไว้ โดยทั่วไปเกณฑ์การปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำจะอยู่ในรูปของโค้งเกณฑ์การปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำ (Reservoir Rule Curve) และส่วนใหญ่มักจะอาศัยทั้งเทคนิคการจำลองระบบ (Simulation Technique) และเทคนิคการหาค่าที่ดีที่สุด (Optimization Technique) (ผศ.ดร.อารียา ฤทธิมา, 2561)

2.5.1 เทคนิคการหาค่าที่ดีที่สุด (Optimization Technique) (Snyman, Jan A.) (2005). กล่าวว่าในทางคณิตศาสตร์ การหาค่าที่เหมาะสมที่สุดหมายถึงการหาตัวเลือกที่ดีที่สุดตามเงื่อนไขทางคณิตศาสตร์ที่กำหนด โดยเลือกตัวแปรจากเซตที่กำหนดให้ฟังก์ชันที่เป็นวัตถุประสงค์มีค่าเหมาะสมที่สุด เช่น ค่าต่ำสุดหรือค่าสูงสุด วิธีการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดได้รับการประยุกต์ใช้ในสาขาต่างๆ เช่น ฟิสิกส์ วิศวกรรมศาสตร์ เศรษฐศาสตร์ เป็นต้น

การหาค่าที่เหมาะสมที่สุด (Optimization) เป็นกระบวนการที่ทำให้ไม่ต้องใช้การลองผิดลองถูก (Trial and Error) ในการหาคำตอบของปัญหา จะมีกลไกอัตโนมัติเพื่อหาคำตอบที่เหมาะสมที่สุดของปัญหานั้นๆ โดยเทคนิคการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดจะใช้สมการทางคณิตศาสตร์เพื่ออธิบายระบบในรูปแบบของตัวแปรของระบบ ข้อแม้ของระบบ และวัตถุประสงค์หรือประสิทธิผลที่จะทำการ

หาค่าที่เหมาะสมที่สุด โดยมีการจำแนกประเภทของเทคนิคการหาค่าที่เหมาะสมที่สุด เป็น 7 กลุ่ม ดังนี้

- 1) ประเภท Model แบ่งเป็น Describe, Constant and Dynamic Model และ Mathematical Model เป็นต้น
- 2) ประเภท Goal แบ่งเป็น Minimize และ Maximize เป็นต้น
- 3) ประเภท Objective function แบ่งเป็น Linear และ Non-Linear เป็นต้น
- 4) ประเภท Constraint แบ่งเป็น non-condition และ Condition เป็นต้น
- 5) ประเภท Variable แบ่งเป็น Continuous and Non-Continuous, Continuous และ non-Continuous เป็นต้น
- 6) ประเภท Solution แบ่งเป็น Local Optimum และ Global Optimum เป็นต้น
- 7) ประเภท Methodology แบ่งเป็น Deterministic method, Stochastic method และ Evolutionary method

จาก 7 ประเภทดังกล่าว สามารถแบ่งเป็น การเทคนิคการหาค่าที่เหมาะสมที่สุด และ เทคนิคการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดขั้นสูง ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

2.5.2 เทคนิคการหาค่าเหมาะสมที่สุดหรือค่าที่ดีที่สุด (Optimization Technique)

เทคนิคการหาค่าเหมาะสมที่สุดหรือค่าที่ดีที่สุด (Optimization Technique) นับเป็นเครื่องมือที่นำมาใช้ในการแก้ปัญหาทางด้านวิศวกรรมแหล่งน้ำ เมื่อระบบทรัพยากรน้ำได้ถูกจำลองในรูปแบบทางคณิตศาสตร์แล้ว เทคนิคที่นิยมนำมาใช้ประกอบด้วยโปรแกรมพื้นฐาน (Conventional Technique) ซึ่งประกอบไปด้วยโปรแกรมเชิงเส้น (Linear Programming) โปรแกรมไม่เชิงเส้น (Nonlinear Programming) และโปรแกรมพลวัต (Dynamic Programming) (ธีรเจตส์ ไชยสอน, 2565 การประยุกต์ใช้วิธีฮาร์โมนีเซิร์ชเพื่อปรับปรุงโครงสร้างของอ่างเก็บน้ำ)

2.5.2.1 โปรแกรมเชิงเส้น

เป็นปัญหาที่ทั้งวัตถุประสงค์และข้อแม้ของปัญหามีลักษณะเป็นสมการเส้นตรงทั้งหมด ทั้งนี้สมมติฐานสำคัญในการหาค่าเหมาะสมที่สุดโดยโปรแกรมเชิงเส้น คือ

- 1) การเป็นส่วนหรือการแยกส่วนได้ นั่นคือสามารถนำค่าคงที่มาคูณได้
- 2) การบวกและการลบ นั่นคือ การสามารถย้ายข้างสมการได้
- 3) การหาร จะกระทำได้เมื่อตัวแปรที่มีค่าแบบต่อเนื่อง
- 4) ความแน่นอนหรือการแก้ปัญหา โดยใช้วิธีแบบ Deterministic
- 5) การใช้ค่าบวกสำหรับตัวแปรทุกตัว โดยมีตัวอย่างรูปแบบคือ

ค่าสูงสุด (หรือต่ำสุด) $Z = c_1x_1 + c_2x_2 + c_3x_3 + \dots + c_nx_n$ (2.23)

โดยขึ้นอยู่กับ $a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + a_{13}x_3 + \dots + a_{1n}x_n \leq b_1$ (2.24)

$$a_{21}x_1 + a_{22}x_2 + a_{23}x_3 + \dots + a_{2n}x_n \leq b_2 \quad (2.25)$$

$$a_{m1}x_1 + a_{m2}x_2 + a_{m3}x_3 + \dots + a_{mn}x_n \leq b_m \quad (2.26)$$

$$x_1 \geq 0, x_2 \geq 0, x_3 \geq 0, x_n \geq 0 \quad (2.27)$$

โดยที่ x_i = ตัวแปรตัดสินใจของระบบ

c_i = ค่าสัมประสิทธิ์ของตัวแปรในสมการวัตถุประสงค์

a_{ij} = ค่าสัมประสิทธิ์ของตัวแปรในสมการข้อแม้

b_j = ค่าคงที่ของสมการข้อแม้

2.5.2.2 แบบโปรแกรมไม่เชิงเส้น

เป็นปัญหาที่สมการบางสมการหรือสมการทั้งหมด (วัตถุประสงค์และข้อแม้) ของปัญหามีลักษณะเป็นสมการไม่เชิงเส้น ซึ่งปกติจะมีวิธีการแก้ปัญหามีความยุ่งยากและซับซ้อนมากกว่าโปรแกรมเชิงเส้น ทั้งนี้สามารถหาคำตอบได้ 2 แนวทางคือ

1) การหาค่าที่ดีที่สุดโดยแคลคูลัส จะใช้แก้ปัญหามีความซับซ้อนมากนัก หรือปัญหาที่ค่อนข้างง่าย จึงสามารถหาคำตอบได้โดยตรง ซึ่งวิธีนี้ใช้แก้ปัญหได้ทั้ง 2 แบบ คือแบบไม่มีข้อแม้และแบบมีข้อแม้

2) การหาค่าที่ดีที่สุดโดยการหาค่าทางตัวเลข (Numerical Search Method) เป็นวิธีการหลักที่ใช้ในการแก้ปัญหโปรแกรมไม่เชิงเส้นได้ทุกปัญหา ทั้งปัญหาที่ไม่ค่อยซับซ้อนและปัญหาที่มีความซับซ้อนมาก

2.7.1.3 แบบโปรแกรมพลวัต

การศึกษาเกี่ยวกับการหาค่าเหมาะสมด้วยวิธีโปรแกรมพลวัตกับระบบทรัพยากรน้ำได้นำมาใช้อย่างกว้างขวาง คุณลักษณะการดำเนินงานของโปรแกรมพลวัตมีดังต่อไปนี้

- 1) ปัญหาจะแบ่งออกเป็นขั้นตอนโดยมีตัวแปรตัดสินใจอยู่ทุกขั้นตอน
- 2) แต่ละขั้นตอนมีจำนวนของเป้าหมายเกี่ยวข้องกันเอง
- 3) ผลการตัดสินใจแต่ละขั้นตอนจะมีผลตอบแทนโดยขึ้นอยู่กับฟังก์ชันการตอบแทนของขั้นตอน และโอนถ่ายจากตัวแปรเป้าหมายปัจจุบันไปสู่ตัวแปรเป้าหมายขั้นถัดไป โดยใช้ฟังก์ชันโอนถ่ายเป้าหมาย

4) กำหนดเป้าหมายปัจจุบัน นโยบายความเหมาะสมของขั้นตอนที่เหลืออยู่เป็นอิสระของนโยบายขั้นตอนก่อน หลักการนี้เรียกว่าหลักการของ Bellman's ในการหาความเหมาะสมโดยทำหน้าที่เป็นหลักใหญ่ของโปรแกรมพลวัต

5) การหาผลลัพธ์เริ่มโดยการหาคำตอบที่เหมาะสมของแต่ละเป้าหมายที่เป็นไปได้ในขั้นตอนสุดท้ายเรียกว่าการย้อนกลับทางหลัง หรือในขั้นตอนแรกเรียกว่าการย้ายไปข้างหน้าขั้นตอนไปข้างหน้าคำนวณจากขั้นตอนแรกไปสู่ขั้นตอนสุดท้าย ขณะเดียวกันการคำนวณย้อนกลับเริ่มจากขั้นตอนสุดท้ายไปสู่ขั้นตอนแรก

6) ความสัมพันธ์ของ Recursive ซึ่งให้เห็นถึงนโยบายการหาความเหมาะสมของแต่ละเป้าหมายของขั้นตอน N ใดๆ ซึ่งสามารถพัฒนาได้ โดยกำหนดนโยบายเหมาะสมของแต่ละเป้าหมายที่ขั้นตอนถัดไป $N+1$

ถึงแม้ว่ากระบวนการของโปรแกรมพลวัตจะมีข้อดีหลายอย่างในการหาผลลัพธ์ของปัญหาทรัพยากรน้ำ โดยเฉพาะการวิเคราะห์ที่เกี่ยวกับกระบวนการหลายๆขั้นตอนจะใช้ได้ดีเป็นพิเศษ แต่ยังมีข้อเสียอยู่ 2 ข้อใหญ่คือ หน่วยความจำในคอมพิวเตอร์และเวลาที่ต้องการ ข้อเสียสองข้อนี้จะมีผลสำคัญเป็นพิเศษภายใต้ 3 สถานการณ์ คือ เมื่อมีจำนวนของตัวแปรเป้าหมายมีมาก เมื่อโปรแกรมพลวัตประยุกต์ใช้กับฟังก์ชันไม่ต่อเนื่อง (Discrete function) กับปัญหาที่เกี่ยวข้องจะมีความยุ่งยากในการหาผลลัพธ์ของความเหมาะสมจริง และการเพิ่มจำนวนของความไม่ต่อเนื่อง (Discrimination) หรือตัวแปรเป้าหมายเพิ่มจำนวนการประเมินของสูตรทำให้หน่วยความจำในคอมพิวเตอร์ต่อขั้นตอนปัญหาต้องใช้เวลาในการประเมินมากขึ้น เพราะการเพิ่มหน่วยความจำตามความต้องการของปัญหาในคอมพิวเตอร์ มีผลทำให้เกินความจำที่มีอยู่ในคอมพิวเตอร์ทำให้ปัญหาไม่สามารถหาผลลัพธ์ได้

2.5.3 เทคนิคการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดขั้นสูง (Advanced Optimization Technique)

เทคนิคการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดขั้นสูง (Advanced Optimization Technique) นับเป็นเครื่องมือที่สำคัญ สามารถนำมาใช้ในการแก้ปัญหาทางด้านวิศวกรรมแหล่งน้ำได้ เมื่อระบบทรัพยากรน้ำได้ถูกจำลองในรูปแบบทางคณิตศาสตร์ เทคนิคขั้นสูงที่ถูกพัฒนาขึ้นและเป็นที่นิยมนำมาใช้กันในหลายสาขา ได้แก่ เจเนติกอัลกอริทึม (Genetic Algorithm), วิธีดิฟเฟอเรนเชียลเอฟโวลูชัน (Differential Evolution Algorithm), วิธีแบบจำลองการอบเหนียว (Simulated Annealing Algorithm), และวิธีชัฟเฟิลฟรอกลีปิง (Shuffled Frog Leaping Algorithm) เป็นต้น ซึ่งวิธีที่กล่าวมาจะอยู่ในประเภท Methodology เช่นเดียวกับ IWO Algorithm (Invasive Weed Optimization).

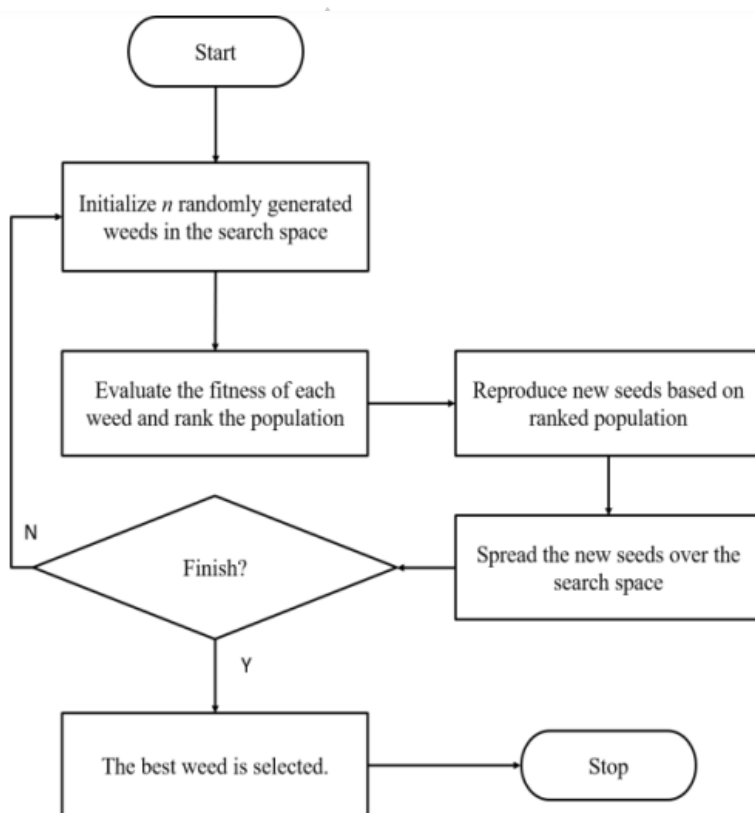
2.6 IWO Algorithm

IWO (Invasive Weed Optimization) Algorithm เป็นอัลกอริธึมที่ได้แรงบันดาลใจจากการเติบโตและการแพร่พันธุ์ของวัชพืชในธรรมชาติ ซึ่งเป็นหนึ่งในกลุ่มอัลกอริธึมการค้นหาหรือการเพิ่มประสิทธิภาพ (Optimization Algorithms) ที่ใช้ในงานวิจัยต่าง ๆ โดยเฉพาะในด้านวิศวกรรม และการเพิ่มประสิทธิภาพระบบอัลกอริธึม IWO ถูกพัฒนาโดย Mehrabian และ Lucas ในปี 2006 โดยเลียนแบบกระบวนการทางชีวภาพของวัชพืชที่เติบโตและขยายพันธุ์ในพื้นที่ที่ไม่พึงประสงค์ กระบวนการของ IWO Algorithm มีดังนี้ 1.การแพร่กระจายเมล็ดพันธุ์ (Seed Dispersal): เริ่มจากการสร้างประชากรเริ่มต้น (Initial Population) ของเมล็ดพันธุ์ ซึ่งแต่ละเมล็ดแทนค่าด้วยวิธีแก้ปัญหาที่เป็นไปได้ในพื้นที่ค้นหา 2.การเติบโตและการขยายพันธุ์ (Reproduction and Growth): เมล็ดที่มีความสามารถในการปรับตัว (Fitness) สูงกว่าจะสร้างเมล็ดพันธุ์ใหม่มากกว่าเมล็ดที่มีความสามารถต่ำกว่า 3. การกระจายตัวแบบสุ่ม (Random Dispersal): เมล็ดพันธุ์จะกระจายตัวแบบสุ่มในพื้นที่ค้นหาใหม่ โดยเมล็ดที่เกิดจากพ่อแม่พันธุ์ที่มีความสามารถสูงจะถูกกระจายใกล้ ๆ พื้นที่ที่มีศักยภาพสูง ในขณะที่เมล็ดที่มีความสามารถต่ำจะถูกกระจายไปไกลขึ้น การเลือกตามความสามารถในการปรับตัว (Selection by Fitness) เมล็ดพันธุ์ที่มีความสามารถในการปรับตัวดีที่สุดจะถูกเลือกเพื่อทำการค้นหาต่อไป จนกว่าจะได้วิธีแก้ปัญหาที่เหมาะสมที่สุด (Mehrabian and Lucas, 2006)

IWO Algorithm มีข้อดีในการค้นหาวิธีแก้ปัญหาที่มีความซับซ้อนสูงและเป็นที่นิยมในงานวิจัยด้านการเพิ่มประสิทธิภาพ เช่น วิศวกรรมไฟฟ้า การจัดการน้ำ การออกแบบโครงสร้าง และการหาคำตอบที่ดีที่สุดสำหรับปัญหาที่มีเงื่อนไขที่ซับซ้อน

วิธีการเพิ่มประสิทธิภาพการรุกรานของวัชพืช (IWO) เป็นอัลกอริธึมที่เกิดจากการศึกษาพฤติกรรมการเจริญเติบโตและการแพร่พันธุ์ของวัชพืชวิธี IWO ได้ชื่อว่าเป็นวิธีที่มีโครงสร้างง่ายมีพารามิเตอร์น้อย มีความน่าเชื่อถือสูง ง่ายต่อการทำความเข้าใจและการประยุกต์ใช้ ขั้นตอนการทำงานหรืออัลกอริธึมของ IWO สามารถแสดงได้ดังผังการทำงานตามภาพประกอบ 7

พหุ ประสิทธิภาพ



ภาพประกอบ 7 ผังการทำงาน IWO
ที่มาจาก Mehrabian & Lucas , 2006

รายละเอียดของอัลกอริทึมสามารถอธิบายได้ดังนี้

2.6.1. ขั้นการเริ่มต้น(Initialization) เป็นขั้นที่มีการสร้างเมล็ดวัชพืชขึ้นมาจำนวนหนึ่งแล้วให้กระจายแบบสุ่มในพื้นที่ค้นหา(Search space) ที่กำหนด และมีการเจริญเติบโตเป็นต้นวัชพืช

2.6.2. การประเมินผลและเรียงลำดับ(evolutional rank) เป็นขั้นตอนที่มีการประเมินประสิทธิภาพของแต่ละต้นของวัชพืชโดยใช้ฟังก์ชันฟิตเนส (Fitness function) ที่กำหนดหลังจากนั้นจึงเรียงลำดับต้นของวัชพืชตามค่าของฟังก์ชันฟิตเนส จากมากไปหาน้อย วัชพืชที่มีค่าฟังก์ชันฟิตเนสมากที่สุดเรียกว่าวัชพืชที่ดีที่สุด(best weed) ในทางกลับกันวัชพืชที่มีค่าฟังก์ชันฟิตเนสน้อยที่สุดเรียกว่าวัชพืชที่เลวร้ายที่สุด(worse weed)

2.6.3 การสืบพันธุ์ (Reproduction) เป็นขั้นตอนที่วัชพืชมีการสืบพันธุ์โดยมีการสร้างเมล็ดแต่ละต้นจะได้ได้รับอนุญาตให้สร้างเมล็ดขึ้นมาจำนวนหนึ่งโดยจำนวนเมล็ดจะขึ้นอยู่กับ ค่าของฟังก์ชันฟิตเนสของแต่ละต้น ต้นที่เป็นวัชพืชที่ดีที่สุดจะมีจำนวนเมล็ดมากที่สุดจำนวน Smax และ

จำนวนจะลดลงแบบเชิงเส้น(Linearly decrease) ไปเรื่อยๆ ตามค่าฟังก์ชันฟิตเนสของแต่ละต้น
 วัชพืชจนถึงวัชพืชที่เลวร้ายที่สุดจะมีค่าจำนวนเมล็ดน้อยที่สุดจำนวน S_{min} โดยสูตรคำนวณหา
 จำนวนเมล็ดที่จะสร้างขึ้นของแต่ละต้นวัชพืช เป็นดังนี้

$$seed_n = \frac{f - f_{min}}{f_{max} - f_{min}} (S_{max} - S_{min}) + S_{min} \quad (7)$$

เมื่อ f คือค่าฟิตเนสฟังก์ชันของ n ส่วน $min f$ และ $max f$ คือค่าฟิตเนสฟังก์ชันของต้นวัชพืชที่ดีที่สุด
 และต้นวัชพืชที่เลวร้ายที่สุดตามลำดับ

2.6.4. การกระจายเมล็ดพันธุ์ (Spatial spread) เมล็ดที่สร้างขึ้นจะถูกกระจายแบบสุ่มใน
 พื้นที่ค้นหาโดยใช้หลักการกระจายแบบปกติและค่าเฉลี่ยเป็นศูนย์ (zero mean normal
 distribution) โดยค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation) จะมีค่าเปลี่ยนแปลงไปในแต่ละ
 รอบของการสอน ดังสมการ

$$sd_{iter} = \left(\frac{iter_{max} - iter}{iter_{max}} \right)^q (sd_{max} - sd_{min}) + sd_{min} \quad (8)$$

โดยที่ หมายถึงค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานของรอบการทำงานปัจจุบันหรือ $iter$

2.7 อ่างเก็บน้ำพุธรอุทยาน

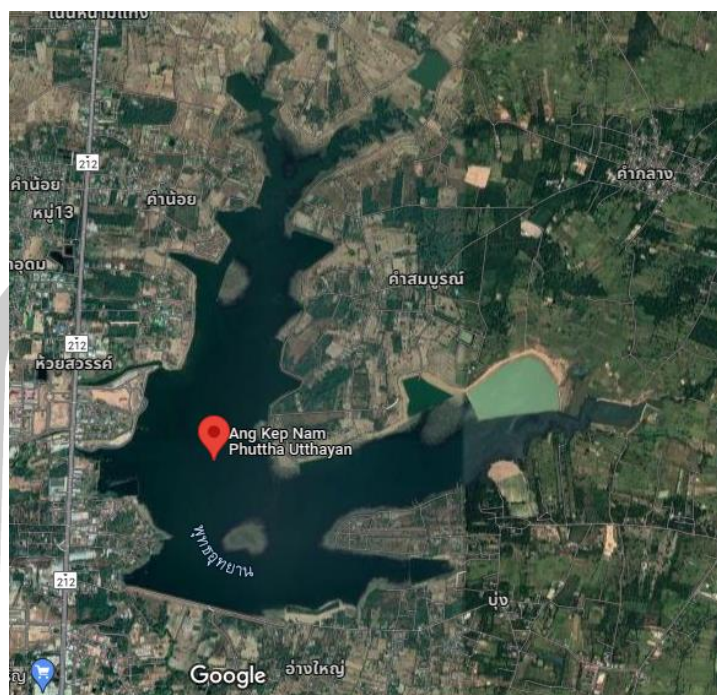
อ่างเก็บน้ำพุธรอุทยานในจังหวัดอำนาจเจริญเป็นสถานที่สำคัญอีกแห่งหนึ่งที่มีความ
 เกี่ยวข้องกับธรรมชาติและศาสนาในพื้นที่ อ่างเก็บน้ำนี้ถูกสร้างขึ้นเพื่อเป็นแหล่งน้ำสำหรับชุมชน
 และเพื่อการเกษตรในบริเวณรอบ ๆ อีกทั้งยังเป็นพื้นที่พักผ่อนหย่อนใจสำหรับชาวบ้านและ
 นักท่องเที่ยวคือพุธรอุทยาน ของจังหวัดอำนาจเจริญตั้งอยู่ท่ามกลางธรรมชาติและเนินเขาเล็ก ๆ โดย
 มีองค์พระพุทธรูปปางมารวิชัยที่เป็นจุดเด่นของพื้นที่ ชาวบ้านมักมาสักการะพระพุทธรูปและพักผ่อน
 รอบอ่างเก็บน้ำ ซึ่งมีทั้งเส้นทางเดินและพื้นที่นั่งพักผ่อน นอกจากนี้ยังมีต้นไม้ใหญ่และความเงียบสงบ
 ที่ทำให้สถานที่นี้เป็นที่นิยมสำหรับการทำสมาธิและการศึกษาพระพุทธรูปศาสนา

อ่างเก็บน้ำพุธรอุทยานที่มีบทบาทสำคัญในการสนับสนุนการจัดการน้ำในพื้นที่ ซึ่งช่วย
 บรรเทาความแห้งแล้งในช่วงฤดูแล้งและเป็นแหล่งน้ำสำรองสำหรับกิจกรรมทางการเกษตรในบริเวณ
 นี้อ่างเก็บน้ำพุธรอุทยาน ตั้งอยู่ที่บ้านพุทรมงคล ตำบลบุ่ง อำเภอเมือง จังหวัดอำนาจเจริญ พิกัด 48
 PVC 611-563 ระวาง 5940 IV สืบเนื่องจากราษฎรบ้านด่านสวรรค์ บ้านบุ่ง บ้านโคกค่าย มีความ
 ขาดแคลนน้ำที่จะนำมาใช้ประโยชน์ในด้านการเกษตร และการอุปโภค - บริโภค จึงได้ร่วมกับทาง
 อำเภอพิจารณาเรื่องดังกล่าว เห็นว่าปัญหาการขาดแคลนน้ำที่เป็นอยู่จะเกิดผลกระทบทำให้ราษฎร
 ละทิ้งถิ่นฐาน เห็นสมควรปรับปรุงลำห้วยปลาแดก ซึ่งเป็นลำห้วยใหญ่มีน้ำไหลผ่านตลอดปี ซึ่งหาก
 ก่อสร้างทำนบปิดกั้นแล้วจะสามารถบรรเทาความเดือนร้อนในครั้งนี้ได้ หรือลดน้อยลง จึงได้ทำ

หนังสือไปทางจังหวัดเพื่อให้ความช่วยเหลือ จังหวัดพิจารณาถึงความสำคัญความแห้งแล้ง และการขาดแคลน จึงมีหนังสือถึงกรมชลประทาน เพื่อให้หาทางช่วยเหลือ และหากได้ดำเนินการพัฒนาเป็นแหล่งน้ำที่ถาวรได้จะก่อประโยชน์อย่างมหาศาล กรมชลประทาน ได้พิจารณาแล้ว เห็นสมควรให้การช่วยเหลือโดยการก่อสร้างทำนบกั้นน้ำล้นลำห้วยปลาแดก ที่บ้านด่านสวรรค์ กับบ้านพุทธรูทยาน ในปี พ.ศ. 2500 เพื่อเก็บกักน้ำไว้ใช้พร้อมยังขุดลอกเพื่อนำน้ำไปใช้ในการเกษตรดังกล่าว ที่ตั้งโครงการโครงการตั้งอยู่ที่บ้านพุทธรูมงคล ตำบลบุง อำเภอมือง จังหวัดอำนาจเจริญ ที่พิกัด 48 PVC 611-563 ระวัง 5940 IV ทางเข้าห้วงน้ำใช้เส้นทางอำนาจเจริญ-เลิงนกทา ที่ กม. 3+000 เลี้ยวขวาเข้าห้วงน้ำ ระยะทาง 0.300 กม.

2.7.1 ลักษณะโครงการ เป็นทำนบกั้นน้ำพร้อมอาคารประกอบ ทำหน้าที่เก็บกักน้ำ-ระบายน้ำ ขนาดทำนบกั้น สถานีวัดน้ำฝน จำนวน 1 สถานี เป็นอุปกรณ์วัดน้ำฝนแบบธรรมดา ความยาวตามสันเขื่อน 1,300 เมตร ความกว้างหน้าสันเขื่อน 6.00 เมตร ความสูงจากฐานถึงกลางสันเขื่อน 13.50 เมตร ระดับสันเขื่อน + 175.61 เมตร (รทก.) ระดับเก็บกัก + 174.11 เมตร (รทก.) ระดับน้ำต่ำสุดในอ่างฯ + 153.41 เมตร (รทก.) ปริมาณน้ำใช้การ 14.558 ล้าน (ลบ.ม) ปริมาณน้ำต่ำสุด ปริมาณน้ำต่ำสุด 781,750 (ลบ.ม) ระดับเก็บกักสูงสุด + 174.61 เมตร (รทก.) ความจุปริมาณน้ำสูงสุด + 21.94 ล้าน ลบ.ม ระดับธรณีต่อ + 168.11 เมตร (รทก.) ความจุปริมาณน้ำเก็บกัก 19.32 ล้าน (ลบ.ม) ปริมาณน้ำไหลลงอ่างฯ 27.861 ล้าน ลบ.ม /ปี พื้นที่อ่างเก็บน้ำพุทธรูทยาน 5.261 ตร.กม (3,288 ไร่) พื้นที่รับน้ำฝน 62 ตร.กม. ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยของโครงการ 1,486.4 มม/ปี สภาพพื้นที่ของโครงการฯ พื้นที่โครงการฯ 16,000 ไร่ พื้นที่ชลประทาน 14,614 ไร่ อาคารระบายน้ำ แบบ BOX SPILLWAY แบบ Oggee weir สันฝายยาว 43.00 เมตร อัตราระบายน้ำสูงสุด 69 ลูกบาศก์เมตร ต่อ วินาที แบบทางระบายน้ำล้นฉุกเฉิน ระดับน้ำสูงสุด + 174.91 ม.(รทก.) ระดับสันทางระบายน้ำล้น + 174.5 ม.(รทก.) กว้าง 6 เมตร ยาว 150 เมตร $slop = 1:6$ ปตร.ปากคลองส่งน้ำฝั่งขวา เส้นผ่าศูนย์กลาง 1.00 เมตร $Q_{max} = 1.575 \text{ cms.}$ ปตร. ปากคลองส่งน้ำฝั่งซ้าย เส้นผ่าศูนย์กลาง 1.00 เมตร $Q_{max} = 0.902 \text{ cms.}$

พูน ปณ ทิโต ชเว



ภาพประกอบ 8 ที่ตั้งอ่างเก็บน้ำพุธรอุทยาน

2.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.8.1 ด้านการใช้อัลกอริทึมในการหาโค้งความจุอ่างเก็บน้ำที่เหมาะสม

SaberChenari, Abghari, and Tabari (2016) ใช้ Particle Swarm Optimization (PSO) เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการดำเนินงานระยะสั้นของอ่างเก็บน้ำ Mahabad ในอิหร่าน โดยมีเป้าหมายเพื่อลดความแตกต่างระหว่างความต้องการน้ำของพื้นที่ปลายน้ำกับปริมาณน้ำที่ปล่อยออก ผลการวิจัยแสดงให้เห็นว่า PSO สามารถตอบสนองความต้องการน้ำและลดการสูญเสียน้ำในอ่างได้อย่างมีประสิทธิภาพ นโยบายที่ได้เหมาะสมสำหรับการจัดการน้ำในสถานการณ์ปกติและภัยแล้ง ทั้งนี้ งานวิจัยชี้ให้เห็นถึงศักยภาพของ PSO ในการจัดการน้ำในอ่างเก็บน้ำได้อย่างยั่งยืน.

Yoosefdoost, Basirifard, and Álvarez-García (2022) งานวิจัยนี้นำเสนอการพัฒนา Multi-Objective Operating Rules สำหรับระบบอ่างเก็บน้ำ โดยใช้ Multi-Objective Emperor Penguin Optimization (MOEPO) และ Gene Expression Programming (GEP) เพื่อจัดการน้ำอย่างมีประสิทธิภาพในสถานการณ์ที่มีหลายวัตถุประสงค์ เช่น การลดความเสี่ยงการขาดแคลนน้ำ และเพิ่มความน่าเชื่อถือของการจัดการน้ำ ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า MOEPO และ GEP สามารถหาวิธีการดำเนินงานที่เหมาะสมได้ในระบบอ่างเก็บน้ำที่ซับซ้อน โดยลดความสูญเสียและ

ตอบสนองความต้องการน้ำของผู้ใช้อย่างสมดุล นอกจากนี้ วิธีการนี้ยังช่วยเพิ่มความยืดหยุ่นในการจัดการน้ำในช่วงวิกฤตและสนับสนุนการจัดการทรัพยากรน้ำอย่างยั่งยืน.

Bozorg-Haddad, Yari, Delpasand, and Chu (2022) ได้ประเมินความไม่แน่นอนของการบริหารจัดการน้ำในอ่างเก็บน้ำโดยใช้วิธี Monte Carlo ที่ซึ่งใช้ข้อมูลการระเหยและปริมาณน้ำที่ไหลเข้าอ่างฯจำนวน 47 ปีย้อนหลัง ของอ่างเก็บน้ำในประเทศอิหร่าน และใช้วิธี ANN เพื่อกระจายความน่าจะเป็นของตัวแปรที่ทำให้เกิดการระเหยและปริมาณน้ำที่ไหลเข้าอ่างเก็บน้ำ นอกจากนี้ความไม่แน่นอนของปริมาณน้ำที่ต้องระบายตามความต้องการด้านทำนายนํ้าและปริมาณน้ำที่ต้องเก็บกักที่ได้รับอิทธิพลจากปริมาณน้ำที่ไหลเข้าและค่าการระเหย

Azizipour, Ghalenoei, Afshar, and Solis (2016) มีการประยุกต์ใช้อัลกอริทึมการเพิ่มประสิทธิภาพวัชพืช (IWO) ใช้ในการแก้ปัญหาการทำงานของเขื่อนไฟฟ้าพลังน้ำอย่างเหมาะสมสำหรับทั้งสองกรณีของอ่างเก็บน้ำเดี่ยวและระบบอ่างเก็บน้ำหลายแห่ง ตลอดระยะเวลาการดำเนินงานระยะสั้น ระยะกลาง และระยะยาว และผลลัพธ์จะถูกเปรียบเทียบกับผลลัพธ์ที่มีผลการวิจัยพบว่า IWO มีประสิทธิภาพและประสิทธิผลมากกว่า PSO และ GA สำหรับทั้งสองกรณีคือเขื่อนไฟฟ้าพลังน้ำแบบอ่างเก็บน้ำเดี่ยวและหลายอ่างเก็บน้ำ

Asgari, Haddad, Pazoki, and Loáiciga (2016) นำอัลกอริทึมการเพิ่มประสิทธิภาพวัชพืช (WOA) เพื่อศึกษาการทำงานของอ่างเก็บน้ำที่เหมาะสมที่สุด และผลลัพธ์ถูกนำไปเปรียบเทียบกับที่ได้จากโปรแกรมโปรแกรมแบบไม่เชิงเส้น (NLP) การโปรแกรมเชิงเส้น (LP) และอัลกอริทึมทางพันธุกรรม (GA) ผลลัพธ์แสดงให้เห็นถึงการบรรจบกันอย่างรวดเร็วของ WOA กับการหาคำตอบที่ใกล้เคียงกับวิธีแก้ปัญหาที่ดีที่สุดของปัญหาการปรับให้เหมาะสมของอ่างเก็บน้ำ

Azizipour et al. (2016) นำเสนอการประยุกต์ใช้ Invasive Weed Optimization (IWO) เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการดำเนินงานของระบบอ่างเก็บน้ำหลายแห่ง ทั้งในด้านการจัดการน้ำสำหรับการผลิตพลังงานไฟฟ้า การชลประทาน และการควบคุมน้ำท่วม ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่า IWO มีประสิทธิภาพสูงในการหาคำตอบที่เหมาะสมสำหรับการบริหารจัดการน้ำ โดยทำงานได้ดีกว่าอัลกอริทึมอื่น ๆ เช่น Genetic Algorithm (GA) และ Particle Swarm Optimization (PSO) งานวิจัยนี้มุ่งเน้นที่การปรับปรุงการดำเนินงานของอ่างเก็บน้ำในระยะสั้น ระยะกลาง และระยะยาว ทำให้สามารถใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพและลดความเสี่ยงจากน้ำท่วมและปัญหาการขาดแคลนน้ำ

ตีพิมพ์ที่: Water Resources Management

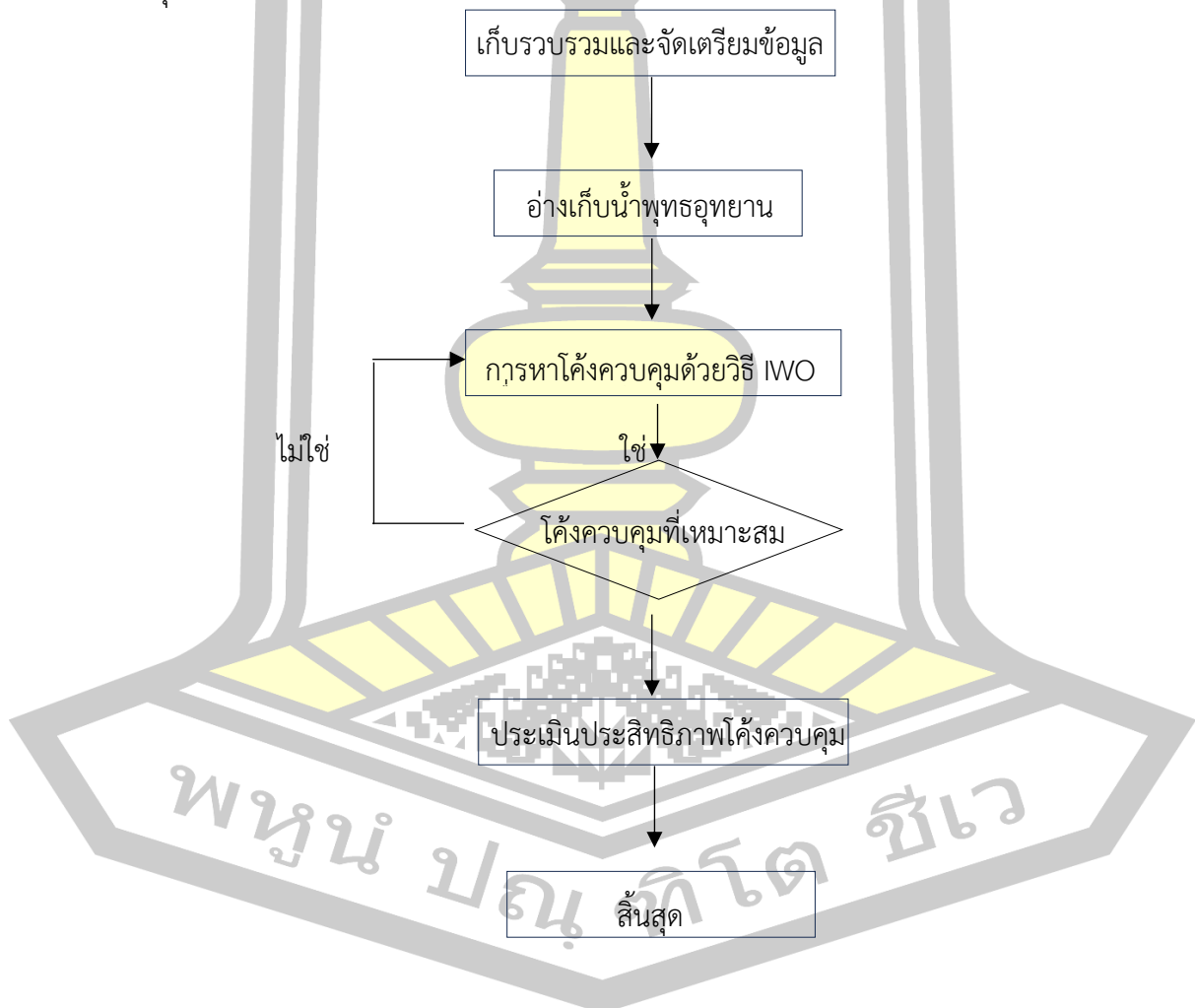
บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

ในบทนี้จะอธิบายวิธีการศึกษาเพื่อให้เกิดความเข้าใจที่ต่อเนื่องจึงจะอธิบายถึงขั้นตอนและวิธีการศึกษาดังหัวข้อต่อไปนี้

- 3.1 พื้นที่ศึกษาเก็บน้ำพุธรอุทยาน
- 3.2 การรวบรวมข้อมูลการทางชลประทาน
- 3.3 การประยุกต์วิธี IWO อัลกอริทึมเพื่อหาโค้งปฏิบัติงานอ่างเก็บน้ำที่เหมาะสม
- 3.4 ประเมินประสิทธิภาพโค้งควบคุมอ่างฯ ที่ได้จาก IWO อัลกอริทึม และโค้ง

ควบคุมอ่างฯ เดิม



3.1 พื้นที่ศึกษาเก็บน้ำพุธรอุทยาน

อ่างเก็บน้ำพุธรอุทยาน ตั้งอยู่ที่บ้านพุทรมงคล ตำบลบุง อำเภอมือง จังหวัดอำนาจเจริญ พิกัด 48 PVC 611-563 ระวาง 5940 IV สืบเนื่องจากราษฎรบ้านด่านสวรรค์ บ้านบุง บ้านโคกค้าย มีความขาดแคลนน้ำที่จะนำมาใช้ประโยชน์ในด้านการเกษตร และการอุปโภค - บริโภค จึงได้ร่วมกับทางอำเภอฟิจาณาเรื่องดังกล่าว เห็นว่าปัญหาการขาดแคลนน้ำที่เป็นอยู่จะเกิดผลกระทบทำให้ราษฎรละทิ้งถิ่นฐาน เห็นสมควรปรับปรุงลำห้วยปลาแดก ซึ่งเป็นลำห้วยใหญ่มีน้ำไหลผ่านตลอดปี ซึ่งหากก่อสร้างทำนบปิดกั้นแล้วจะสามารถบรรเทาความเดือนร้อนในครั้งนี้ได้ หรือลดน้อยลง จึงได้ทำหนังสือไปทางจังหวัดเพื่อให้ความช่วยเหลือ จังหวัดพิจารณาถึงความสำคัญความเร่งด่วน และการขาดแคลน จึงมีหนังสือถึงกรมชลประทาน เพื่อให้หาทางช่วยเหลือ และหากได้ดำเนินการพัฒนาเป็นแหล่งน้ำที่ถาวรได้จะก่อประโยชน์อย่างมหาศาล กรมชลประทาน ได้พิจารณาแล้ว เห็นสมควรให้การช่วยเหลือโดยการก่อสร้างทำนบดินปิดกั้นลำห้วยปลาแดก ที่บ้านด่านสวรรค์ กับบ้านพุทธรอุทยาน ในปี พ.ศ. 2500 เพื่อเก็บกักน้ำไว้ใช้พร้อมยังขุดลอกเพื่อนำน้ำไปใช้ในการเกษตรดังกล่าว ที่ตั้งโครงการโครงการตั้งอยู่ที่บ้านพุทรมงคล ตำบลบุง อำเภอมือง จังหวัดอำนาจเจริญ ที่พิกัด 48 PVC 611-563 ระวาง 5940 IV ทางเข้าห้วงงานใช้เส้นทางอำนาจเจริญ-เลิงนกทา ที่ กม. 3+000 เลี้ยวขวาเข้าห้วงงานระยะทาง 0.300 กม.

3.1.1 ลักษณะโครงการ เป็นทำนบดินพร้อมอาคารประกอบ ทำหน้าที่เก็บกักน้ำ-ระบายน้ำ ขนาดทำนบดิน สถานีวัดน้ำฝน จำนวน 1 สถานี เป็นอุปกรณ์ถึงวัดน้ำฝนแบบธรรมดา ความยาวตามสันเขื่อน 1,300 เมตร ความกว้างหน้าสันเขื่อน 6.00 เมตร ความสูงจากฐานกึ่งกลางสันเขื่อน 13.50 เมตร ระดับสันเขื่อน + 175.61 เมตร (รทก.) ระดับเก็บกัก + 174.11 เมตร (รทก.) ระดับน้ำต่ำสุดในอ่างฯ + 153.41 เมตร (รทก.) ปริมาณน้ำใช้การ 14.558 ล้าน (ลบ.ม) ปริมาณน้ำต่ำสุด ปริมาณน้ำต่ำสุด 781,750 (ลบ.ม) ระดับเก็บกักสูงสุด + 174.61 เมตร (รทก.) ความจุปริมาณน้ำสูงสุด + 21.94 ล้าน ลบ.ม ระดับธรณีท่อ + 168.11 เมตร (รทก.) ความจุปริมาณน้ำเก็บกัก 19.32 ล้าน (ลบ.ม) ปริมาณน้ำไหลลงอ่างฯ 27.861 ล้าน ลบ.ม /ปี พื้นที่อ่างเก็บน้ำพุธรอุทยาน 5.261 ตร.กม (3,288 ไร่) พื้นที่รับน้ำฝน 62 ตร.กม. ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยของโครงการ 1,486.4 มม./ปี สภาพพื้นที่ของโครงการฯ พื้นที่โครงการฯ 16,000 ไร่ พื้นที่ชลประทาน 14,614 ไร่ อาคารระบายน้ำ แบบ BOX SPILLWAY แบบ Oggee weir สันฝายยาว 43.00 เมตร อัตราระบายน้ำสูงสุด 69 ลูกบาศก์เมตร ต่อ วินาที แบบทางระบายน้ำล้นฉุกเฉิน ระดับน้ำสูงสุด +174.91 ม.(รทก.) ระดับสันทางระบายน้ำล้น +174.5 ม.(รทก.) กว้าง 6 เมตร ยาว 150 เมตร slop = 1:6 ปตร.ปากคลองส่งน้ำฝั่งขวา เส้นผ่าศูนย์กลาง 1.00 เมตร Q max.=1.575 cms. ปตร. ปากคลองส่งน้ำฝั่งซ้าย เส้นผ่าศูนย์กลาง 1.00 เมตร Q max.=0.902 cms.

3.2 การรวบรวมข้อมูลทางอุตุนิยมวิทยา

3.2.1 ที่ตั้งและอาณาเขต

จังหวัดอำนาจเจริญตั้งอยู่ทางภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย ระยะทางห่างจากกรุงเทพฯ โดยประมาณ 568 กิโลเมตร มีเนื้อที่ทั้งสิ้น 1,975,780 ไร่ หรือ 3,161.29 ตารางกิโลเมตร ซึ่งมีอาณาเขตติดต่อ ดังนี้

ทิศเหนือ ติดต่อกับ จังหวัดยโสธรและจังหวัดมุกดาหาร

ทิศใต้ ติดต่อกับ จังหวัดอุบลราชธานี

ทิศตะวันออก ติดต่อกับ สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาวและจังหวัดอุบลราชธานี

ทิศตะวันตก ติดต่อกับ จังหวัดยโสธร

3.2.2 ลักษณะภูมิประเทศ

พื้นที่โดยทั่วไปของจังหวัดอำนาจเจริญเป็นที่ลุ่ม มีเนินเขาเตี้ย ๆ ทอดยาวไปจรดจังหวัดอุบลราชธานี จังหวัดอำนาจเจริญตั้งอยู่สูงจากระดับน้ำทะเลปานกลางเฉลี่ยประมาณ 68 เมตร (227 ฟุต) สภาพดินโดยทั่วไปเป็นดินร่วนปนทรายและดินลูกรังบางส่วน มีลำน้ำสายใหญ่ไหลผ่าน ได้แก่ ลำเซบกและลำเซบาย

3.2.3 ลักษณะภูมิอากาศ

ลักษณะภูมิอากาศของจังหวัดอำนาจเจริญ ขึ้นอยู่กับอิทธิพลของมรสุมที่พัดประจำฤดูกาล 2 ชนิด คือมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ ซึ่งพัดพามวลอากาศเย็นและแห้งจากประเทศจีนเข้าปกคลุมประเทศไทยตั้งแต่ประมาณกลางเดือนตุลาคมถึงประมาณเดือนกุมภาพันธ์ ซึ่งอยู่ในช่วงฤดูหนาวของประเทศไทย ทำให้จังหวัดอำนาจเจริญมีอากาศหนาวเย็นและแห้งทั่วไป และมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ที่พัดพามวลอากาศชื้นจากทะเลและมหาสมุทรเข้าปกคลุมประเทศไทยในช่วงฤดูฝน (ประมาณกลางเดือนพฤษภาคมถึงประมาณกลางเดือนตุลาคม) ทำให้มีฝนตกชุกทั่วไปฤดูกาลฤดูกาลของจังหวัดอำนาจเจริญ พิจารณาตามลักษณะของลมฟ้าอากาศของประเทศไทยสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ฤดู ดังนี้ฤดูหนาว เริ่มต้นประมาณกลางเดือนตุลาคมถึงประมาณกลางเดือนกุมภาพันธ์ ซึ่งเป็นช่วงที่มรสุมตะวันออกเฉียงเหนือพัดปกคลุมประเทศไทย อากาศโดยทั่วไปจะหนาวเย็นและแห้ง โดยมีอากาศหนาวจัดในบางวันและเดือนที่มีอากาศหนาวมากที่สุดจะอยู่ในช่วงเดือนธันวาคมถึงมกราคม แต่ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับอิทธิพลของบริเวณความกดอากาศสูงจากประเทศจีนที่แผ่ลงปกคลุมประเทศไทยในช่วงดังกล่าวด้วยฤดูร้อน เริ่มต้นประมาณกลางเดือนกุมภาพันธ์ถึงกลางเดือนพฤษภาคม ซึ่งเป็นที่มีอากาศร้อนอบอ้าวโดยทั่วไป โดยเฉพาะเดือนเมษายนจะเป็นเดือนที่มีอากาศร้อนอบอ้าวที่สุดของปีฤดูฝน เริ่มต้นประมาณกลางเดือนพฤษภาคมถึงกลางเดือนตุลาคม เป็นช่วงที่มรสุมตะวันตกเฉียงใต้พัดเอาความชื้นจากทะเลและมหาสมุทรมาปกคลุมประเทศไทย ประกอบกับในช่วงดังกล่าวร่องความกดอากาศต่ำที่พาดอยู่บริเวณภาคใต้ของประเทศไทยจะเลื่อนขึ้นมาพาดผ่านบริเวณภาคเหนือและภาค

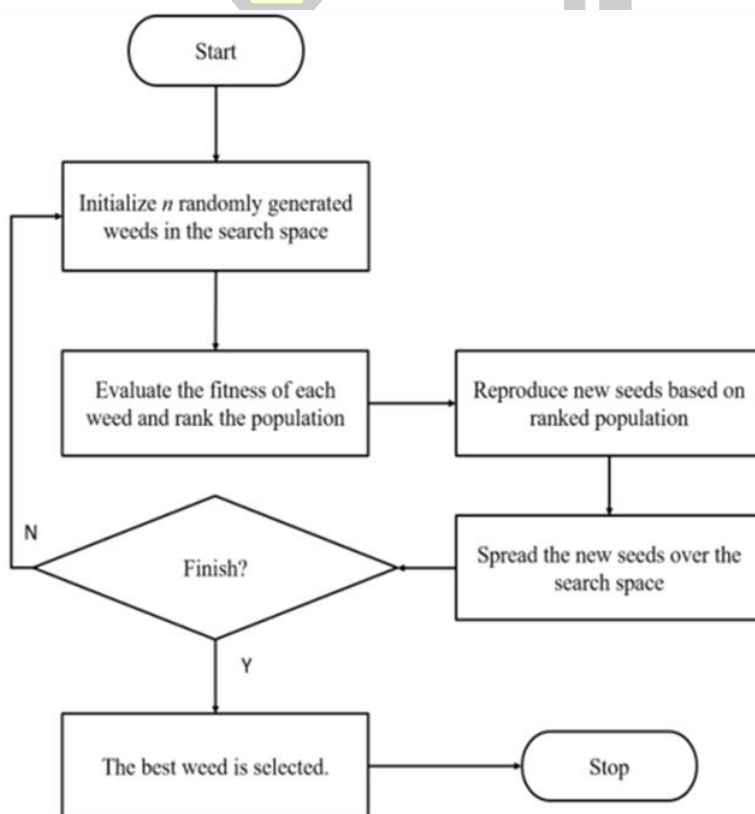
ตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย ทำให้อากาศเริ่มชุ่มชื้นและมีฝนตกชุกตั้งแต่ประมาณ กลางเดือนพฤษภาคมเป็นต้นไป โดยเฉพาะเดือนสิงหาคมเป็นเดือนที่มีฝนตกชุกหนาแน่นมากที่สุดใน รอบปี แต่อย่างไรก็ตามนอกจากปัจจัยดังกล่าวที่ให้มีฝนตกชุกแล้วยังขึ้นอยู่กับอิทธิพลของพายุหมุน เขตร้อนที่เคลื่อนตัวเข้าใกล้หรือเข้าสู่ประเทศไทยในช่วงดังกล่าวด้วยอุณหภูมิจังหวัดอำนาจเจริญ อากาศค่อนข้างร้อนอบอ้าวในช่วงฤดูร้อน และในช่วงฤดูหนาวจะมีอากาศค่อนข้างหนาวเย็น โดย อุณหภูมิเฉลี่ยตลอดทั้งปี 27.4 องศาเซลเซียส อุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ย 22.6 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิ สูงสุดเฉลี่ย 33.4 องศาเซลเซียส เดือนเมษายนเป็นเดือนที่มีอากาศร้อนอบอ้าวมากที่สุดในรอบปี ส่วน ในช่วงฤดูหนาวจะมีอากาศหนาวที่สุดในเดือนมกราคมฝนปริมาณฝนเฉลี่ยตลอดทั้งปีอยู่ระหว่าง 1,600 - 1,800 มิลลิเมตร สำหรับปริมาณฝนเฉลี่ยตลอดทั้งปี 1,626.9 มิลลิเมตร และมีจำนวนวันที่ ฝนตก 121 วัน โดยเดือนกันยายนเป็นเดือนที่มีฝนตกชุกมากที่สุดในรอบปีมีปริมาณฝนเฉลี่ย 314.3 มิลลิเมตร และมีฝนตก 20 วัน พายุหมุนเขตร้อนพายุหมุนเขตร้อนที่เคลื่อนตัวผ่านหรือเข้าสู่จังหวัด อำนาจเจริญ มีแหล่งกำเนิดจากทะเลจีนใต้และมหาสมุทรแปซิฟิกเหนือด้านตะวันตก โดยเคลื่อนตัว ผ่านประเทศเวียดนาม กัมพูชา และลาวก่อนจะเข้าสู่ประเทศไทย ทำให้พายุหมุนเขตร้อนอ่อนกำลัง เป็นพายุดีเปรสชันและไม่ก่อให้เกิดความเสียหายมากนัก แต่ยังคงทำให้เกิดฝนตกหนักถึงหนักมากจน ก่อให้เกิดน้ำท่วมฉับพลันได้ สำหรับช่วงเวลาที่พายุหมุนเขตร้อนเคลื่อนตัวผ่านจังหวัดนี้เริ่มตั้งแต่เดือน มิถุนายนเป็นต้นไปจนถึงเดือนตุลาคม โดยเฉพาะเดือนตุลาคมเป็นช่วงที่พายุหมุนเขตร้อนมีโอกาส เคลื่อนเข้าสู่จังหวัดนี้ได้มากที่สุด (ที่มา : ศูนย์ภูมิอากาศ กองพัฒนาอุตุนิยมวิทยา กรมอุตุนิยมวิทยา มกราคม 2566)

3.3 การประยุกต์ใช้ IWO อัลกอริทึมเพื่อหาโค้งควบคุมอ่างเก็บน้ำที่เหมาะสม

3.3.1 Invasive Weed Optimization (IWO) ถูกคิดค้นโดย Mehrdad A. Shadloo และ Ali Sajedi ในปี 2549 พวกเขาเสนอ IWO เพื่อเป็นอัลกอริทึมเชิงเมตาฮิวริสติกที่ได้รับแรงบันดาลใจจากกระบวนการทางธรรมชาติของการแพร่พันธุ์และการกระจายตัวของวัชพืช โดยเป้าหมายหลัก คือการแก้ปัญหาการหาค่าที่เหมาะสมที่สุด (optimization problems) ในด้านต่างๆ ซึ่งใช้ได้ดีใน หลายสาขาวิชาทางวิศวกรรม

3.3.2 ในการศึกษาได้พัฒนาโปรแกรมเพื่อใช้ในการคำนวณหา Rule Curve ที่เหมาะสม ของ โครงการอ่างเก็บน้ำพุทธอุทยาน สำหรับเป็นเกณฑ์ในการปล่อยน้ำเพื่อความต้องการน้ำด้าน ต่างๆ ท้ายอ่างเก็บน้ำ ซึ่งภายในโปรแกรมจะประกอบไปด้วยแบบจำลองสภาพอ่างเก็บน้ำ (Reservoir Simulation Model) จำลองสภาพน้ำโดยอาศัยหลักสมดุลน้ำและใช้วิธี IWO อัลกอริทึม ในการหา Rule Curve ที่เหมาะสม โดยมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. ขั้นการเริ่มต้น(Initialization) เป็นขั้นที่มีการสร้างเมล็ดวัชพืชขึ้นมาจำนวนหนึ่ง แล้วให้กระจายแบบสุ่มในพื้นที่ค้นหา(Search Space) ที่กำหนด และมีการเจริญเติบโตเป็นต้นวัชพืช
2. การประเมินผลและเรียงลำดับ(evolutional rank) เป็นขั้นตอนที่มีการประเมินประสิทธิภาพของแต่ละต้นของวัชพืชโดยใช้ฟังก์ชันฟิตเนส (Fitness function)
3. การสืบพันธุ์ (Reproduction) เป็นขั้นตอนที่วัชพืชมีการสืบพันธุ์โดยมีการสร้างเมล็ด แต่ละต้นจะได้ได้รับอนุญาตให้สร้างเมล็ดขึ้นมาจำนวนหนึ่งโดยจำนวนเมล็ดจะขึ้นอยู่กับ ค่าของฟังก์ชันฟิตเนสของแต่ละต้น
4. การกระจายเมล็ดพันธุ์ (Spatial spread) เมล็ดที่สร้างขึ้นจะถูกกระจายแบบสุ่มในพื้นที่ค้นหาโดยใช้หลักการกระจายแบบปกติและค่าเฉลี่ยเป็นศูนย์ (zero mean normal distribution)

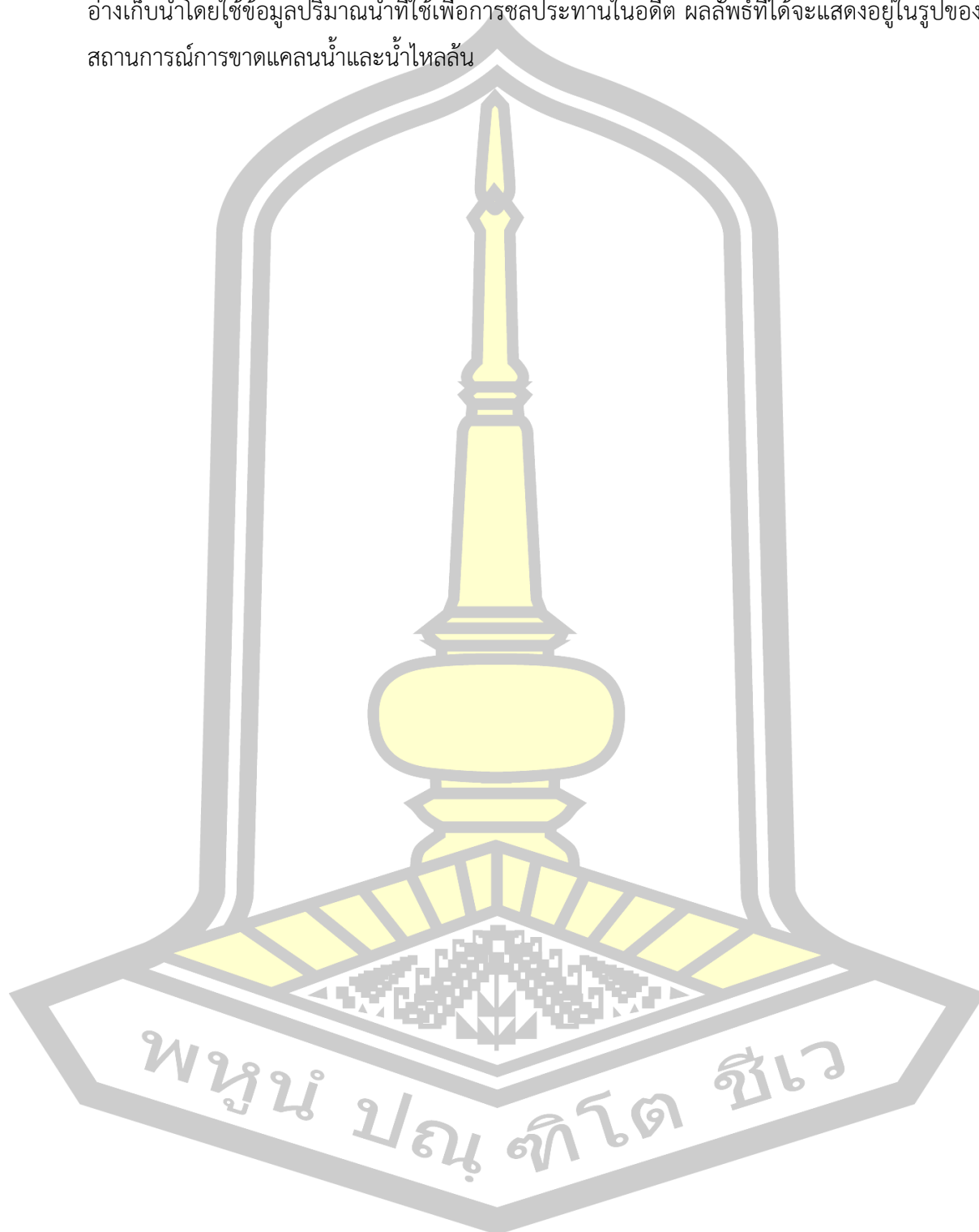


ภาพประกอบ 11 ขั้นตอนการทำงานของ IWO อัลกอริทึม

3.4 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของโค้งควบคุมอ่างเก็บน้ำ

3.4.1 การประเมินประสิทธิภาพโค้งควบคุมอ่างเก็บน้ำโดยเปลี่ยนแปลงค่าการใช้น้ำเพื่อการชลประทานโดยใช้ค่าเฉลี่ยตั้งแต่ปี 2554 – 2566 และโดยค่าที่ใช้จริงของทุกปี จากสถานการณ์น้ำการ

ใช้น้ำชลประทานในอดีต โดยนำโค้งควบคุมใหม่ที่ได้จาก IWO และ GA อัลกอริทึม มาทำปฏิบัติการ
อ่างเก็บน้ำโดยใช้ข้อมูลปริมาณน้ำที่ใช้เพื่อการชลประทานในอดีต ผลลัพธ์ที่ได้จะแสดงอยู่ในรูปของ
สถานการณ์การขาดแคลนน้ำและน้ำไหลล้น



บทที่ 4

ผลการวิจัย

ผลของการศึกษาการประยุกต์วิธีการเทคนิควิธีการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดด้วยวิธีการอัลกอริทึมการเพิ่มประสิทธิภาพโดยการลูกกลามของวัชพืช (Invasive Weed Optimization Algorithm) ปรับปรุงโครงสร้างของอ่างเก็บน้ำพุทธรูทยาน จังหวัดอำนาจเจริญ โดยผลของการค้นหาโครงสร้างที่เหมาะสมที่สุดของอ่างเก็บน้ำจะแยกแสดงตามฟังก์ชันวัตถุประสงค์ของการค้นหา คือ กรณีใช้ค่าความถี่ขาดแคลนน้อยที่สุด กรณีใช้ค่าความถี่ไหลล้นน้อยที่สุด กรณีใช้ค่าเฉลี่ยของการขาดแคลนนํ้าน้อยที่สุดและกรณีใช้ค่าเฉลี่ยไหลล้นน้อยที่สุด รวมถึงการประเมินประสิทธิภาพของโครงสร้างการปฏิบัติงานอ่างเก็บน้ำที่สร้างใหม่ เปรียบเทียบกับโครงสร้างการปฏิบัติงานอ่างเก็บน้ำเดิม ซึ่งรายละเอียดของผลการศึกษาสามารถแสดงได้ดังต่อไปนี้

Rule curve จากฟังก์ชันวัตถุประสงค์ ค่าความถี่ขาดแคลนนํ้าน้อยที่สุด

Rule curve จากฟังก์ชันวัตถุประสงค์ ค่าความถี่ไหลล้นน้อยที่สุด

Rule curve จากฟังก์ชันวัตถุประสงค์ ค่าเฉลี่ยของการขาดแคลนนํ้าน้อยที่สุด

Rule curve จากฟังก์ชันวัตถุประสงค์ ค่าเฉลี่ยของการไหลล้นน้อยที่สุด

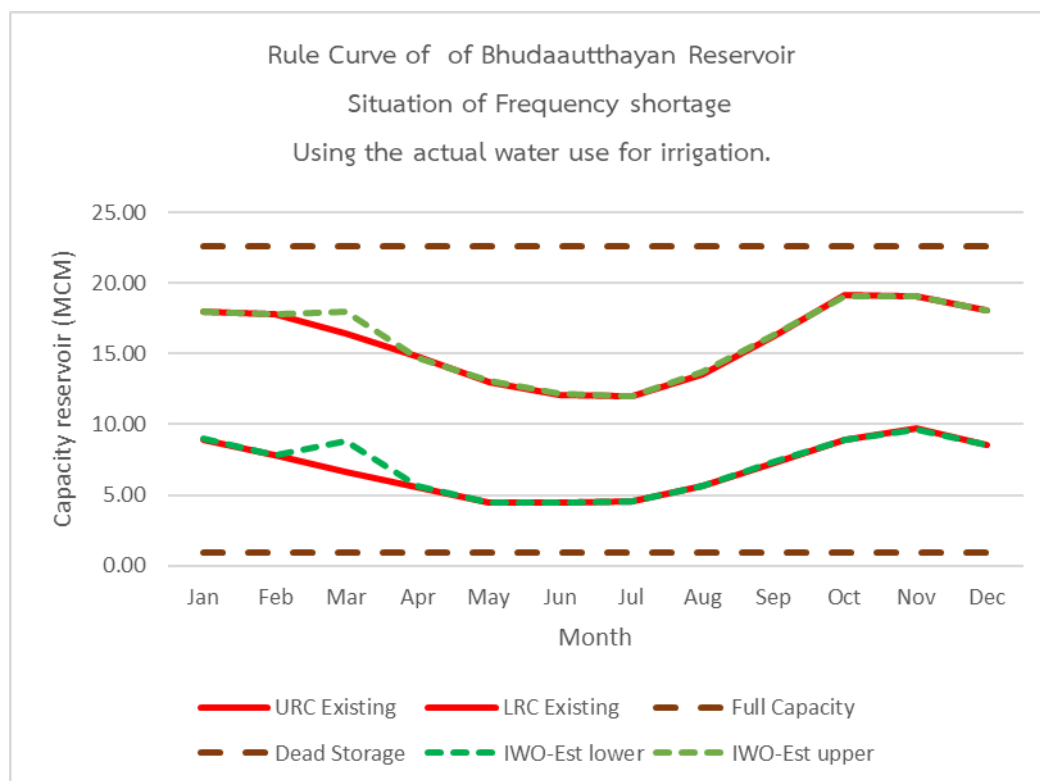
ในการประยุกต์ใช้แบบจำลองวิธีการเทคนิควิธีการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดด้วยวิธีการ (Invasive Weed Optimization Algorithm) ในครั้งนี้ มีข้อมูลย้อนหลัง 12 ปี ตั้งแต่ปี 2554-2566 สำหรับอ่างเก็บน้ำพุทธรูทยาน ประกอบไปด้วยปริมาณน้ำต้นทุนที่ไหลเข้าอ่างเก็บน้ำ ปริมาณความต้องการน้ำรายเดือนแต่ละกิจกรรมการใช้น้ำรายปี อัตราการระเหยเฉลี่ยรายเดือน ข้อมูลโค้งความสัมพันธ์ระหว่างระดับความสูง-พื้นที่ผิวน้ำ-ปริมาตรความจุของอ่างเก็บน้ำ ข้อมูลปริมาตรต่ำสุด-สูงสุดของระดับน้ำเก็บกัก เข้าสู่แบบจำลองเทคนิควิธีการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดด้วยวิธีการ (Invasive Weed Optimization Algorithm) ที่ได้ประยุกต์ขึ้น โดยแบบจำลองจะดำเนินการภายใต้กำหนดเกณฑ์การปล่อยน้ำและเกณฑ์การเก็บกักน้ำตามเงื่อนไขต่างๆที่เกี่ยวข้อง ซึ่งมีการตรวจสอบฟังก์ชันวัตถุประสงค์ของค่าความถี่การขาดแคลนนํ้าน้อยที่สุด ค่าความถี่การไหลล้นน้อยที่สุด ค่าเฉลี่ยการขาดแคลนนํ้าน้อยที่สุดและค่าเฉลี่ยการไหลล้นน้อยที่สุด รวมถึงการอธิบายประสิทธิภาพของโครงสร้างควบคุมใหม่ที่มีความเหมาะสม การจัดทำโครงสร้างควบคุมอ่างเก็บน้ำที่เหมาะสมสำหรับอ่างเก็บน้ำพุทธรูทยาน

4.1 Rule curve จากฟังก์ชันวัตถุประสงค์ ค่าความถี่ขาดแคลนนํ้าน้อยที่สุด

จากการประยุกต์ใช้แบบจำลองการจัดการน้ำได้นำวิธีการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดด้วยเทคนิควิธีการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดด้วยวิธีการ (Invasive Weed Optimization Algorithm) มาประยุกต์เพื่อปรับปรุงโค้งควบคุมของอ่างเก็บน้ำที่เหมาะสม ซึ่งใช้ข้อมูลย้อนหลัง ประกอบด้วย น้ำต้นทุนที่ไหลเข้าอ่างเก็บน้ำปริมาณความต้องการน้ำรายเดือนแต่ละกิจกรรมการใช้น้ำปี อัตราการระเหยเฉลี่ยรายเดือน ข้อมูลโค้งความสัมพันธ์ระหว่างระดับความสูง -พื้นที่ผิวน้ำ-ปริมาตรความจุของอ่างเก็บน้ำ ข้อมูลปริมาตรต่ำสุด-สูงสุดของระดับน้ำเก็บกัก มีฟังก์ชันวัตถุประสงค์ของการค้นหาคือค่าความถี่ของการขาดแคลนนํ้าน้อยที่สุด โดยแบบจำลองที่ได้จากโค้งควบคุมใหม่ของอ่างเก็บน้ำนำมาเปรียบเทียบกับโค้งควบคุมเดิม ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ค่าโค้งควบคุมที่ได้จากค่าความถี่ขาดแคลนนํ้าน้อยที่สุด

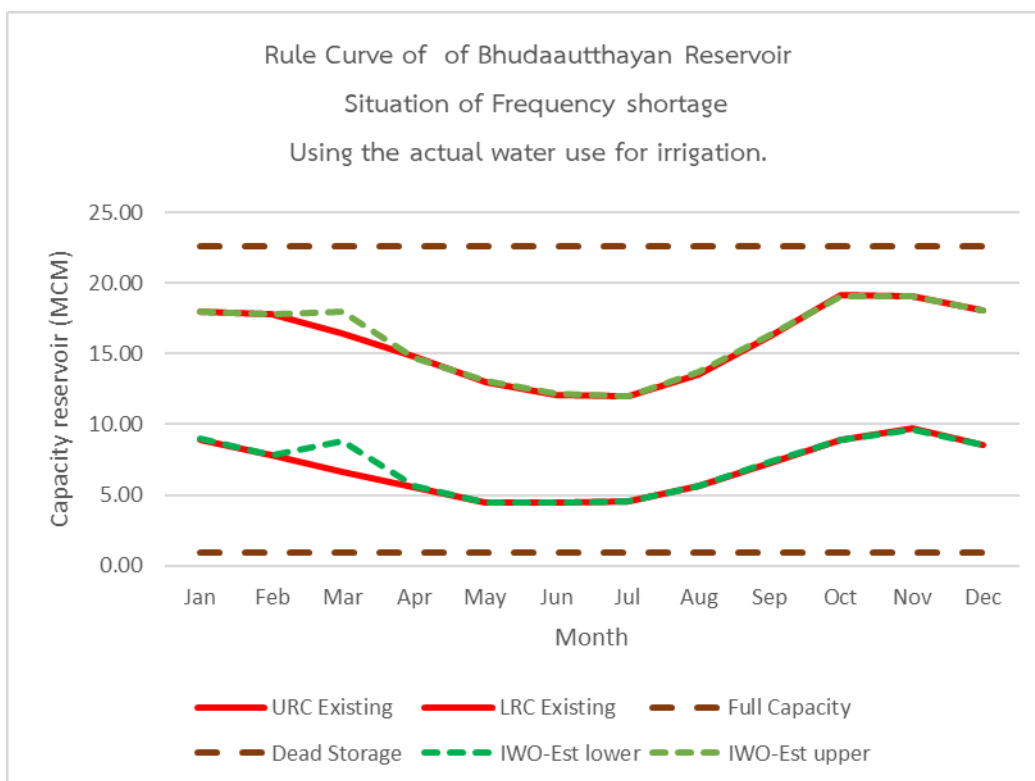
เดือน	URC	LRC	GA -Frequency shortage		IWO -Frequency shortage			
	URC-existing	LRC-existing	S-URC-GA	S-LRC-GA	IWO-Avg lower	IWO-Avg upper	IWO-Est lower	IWO-Est upper
มกราคม	17.98	8.93	N/A	N/A	9.037	18.037	8.973	17.958
กุมภาพันธ์	17.75	7.85	N/A	N/A	7.793	17.755	7.8	17.796
มีนาคม	16.44	6.67	N/A	N/A	8.946	17.872	8.814	17.941
เมษายน	14.83	5.57	N/A	N/A	5.529	14.903	5.652	14.733
พฤษภาคม	13.02	4.47	N/A	N/A	4.54	12.972	4.495	13.07
มิถุนายน	12.11	4.49	N/A	N/A	4.528	12.115	4.473	12.14
กรกฎาคม	11.99	4.52	N/A	N/A	4.556	12.106	4.533	11.959
สิงหาคม	13.57	5.68	N/A	N/A	5.731	13.691	5.65	13.709
กันยายน	16.29	7.25	N/A	N/A	7.33	16.406	7.347	16.355
ตุลาคม	19.16	8.93	N/A	N/A	8.921	19.1	8.867	19.093
พฤศจิกายน	19.10	9.74	N/A	N/A	9.689	19.206	9.657	19.047
ธันวาคม	18.04	8.54	N/A	N/A	8.475	18.046	8.576	18.06



ภาพประกอบ 12 โค้งควบคุมที่ได้จากค่าความถี่ขาดแคลนน้ำน้อยที่สุด โดยใช้ค่าการใช้น้ำชลประทาน
ค่าจริง

ภาพประกอบ 12 แสดงโค้งควบคุมของอ่างเก็บน้ำพุทธอุทยาน ที่ได้จากแบบจำลองเทคนิค
วิธีการ (Invasive Weed Optimization Algorithm) พบว่าโค้งควบคุมที่ได้จากเทคนิควิธีการ IWO
มีเส้นบนจะยกสูงกว่าเส้นเดิมมากในช่วงเดือนกุมภาพันธ์ถึงเดือนเมษายน ก็เพื่อรักษาปริมาณน้ำใน
อ่างไว้เพื่อป้องกันความเสี่ยงที่เกิดการขาดแคลนน้ำในฤดูแล้งถัดไป ส่วนโค้งควบคุมเส้นล่างจะยกสูง
กว่าเส้นเดิมมากในช่วงเดือนกุมภาพันธ์ถึงเดือนเมษายนเช่นกัน ซึ่งระดับของขอบเขตล่างนี้จะทำให้
โอกาสที่จะปล่อยน้ำตามความต้องการใช้น้ำเป้าหมายมีมากขึ้น จึงลดปัญหาการขาดแคลนน้ำใน
ช่วงเวลาดังกล่าวได้

พหุ ประถม ๓๖



ภาพประกอบ 13 โค้งควบคุมที่ได้จากค่าความถี่ขาดแคลนนํ้าน้อยที่สุด โดยใช้ค่าการใช้นํ้าชลประทานแบบเฉลี่ย 13 ปี

ภาพประกอบ 13 แสดงโค้งควบคุมของอ่างเก็บน้ำพุธรอุทยาน ที่ได้จากแบบจำลองเทคนิควิธีการ (Invasive Weed Optimization Algorithm) พบว่าโค้งควบคุมที่ได้จากเทคนิควิธีการ IWO มีเส้นบนจะยกสูงกว่าเส้นเดิมมากในช่วงเดือนกุมภาพันธ์ถึงเดือนเมษายน ก็เพื่อรักษาปริมาณน้ำในอ่างไว้เพื่อป้องกันความเสี่ยงที่เกิดการขาดแคลนนํ้าในฤดูแล้งถัดไป ส่วนโค้งควบคุมเส้นล่างจะยกสูงกว่าเส้นเดิมมากในช่วงเดือนกุมภาพันธ์ถึงเดือนเมษายน ซึ่งระดับของขอบเขตล่างนี้จะทำให้โอกาสที่จะปล่อยน้ำตามความต้องการใช้นํ้าเป้าหมายมีมากขึ้น จึงลดปัญหาการขาดแคลนนํ้าในช่วงเวลาดังกล่าวได้

4.2 Rule curve จากฟังก์ชันวัตถุประสงค์ ค่าความถี่ไหลล้นน้อยที่สุด

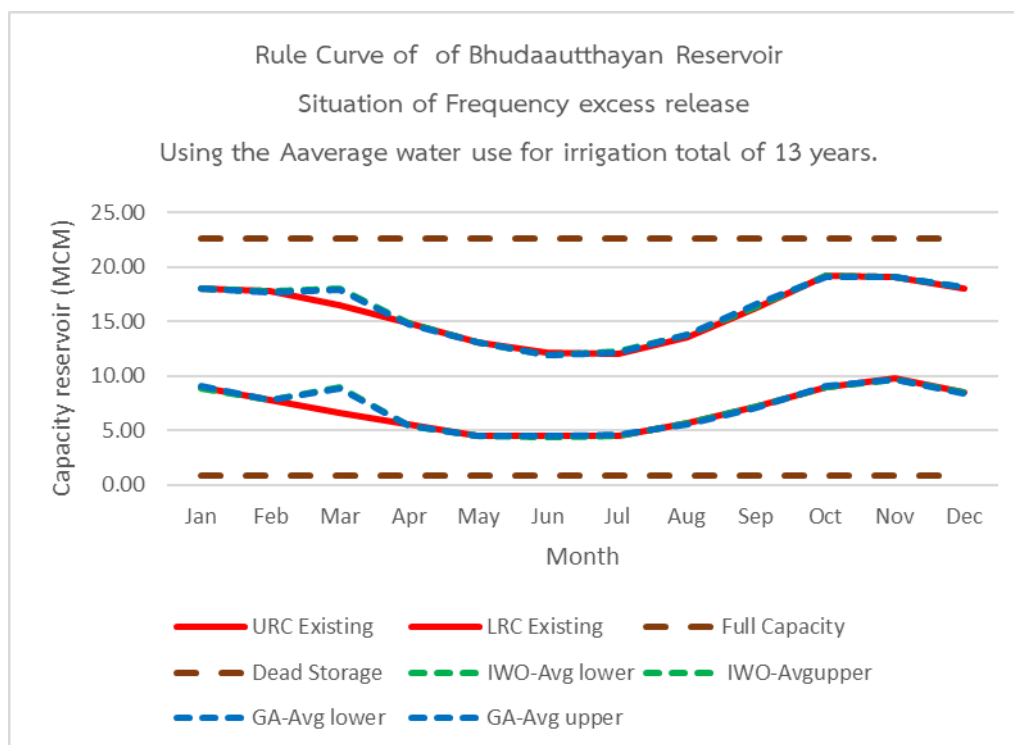
จากการประยุกต์ใช้แบบจำลองการจัดการน้ำได้นำวิธีการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดด้วยเทคนิควิธีการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดด้วยวิธีการ (Invasive Weed Optimization Algorithm) มาประยุกต์เพื่อปรับปรุงโค้งควบคุมของอ่างเก็บน้ำที่เหมาะสม ซึ่งใช้ข้อมูลย้อนหลัง ประกอบด้วย น้ำต้นทุนที่ไหลเข้าอ่างเก็บน้ำปริมาณความต้องการนํ้ารายเดือนแต่ละกิจกรรมการใช้นํ้าปี อัตราการระเหยเฉลี่ยรายเดือน ข้อมูลโค้งความสัมพันธ์ระหว่างระดับความสูง -พื้นที่ผิวนํ้า-ปริมาตรความจุของอ่างเก็บน้ำ ข้อมูลปริมาตรต่ำสุด-สูงสุดของระดับน้ำเก็บกัก มีฟังก์ชันวัตถุประสงค์ของการค้นหาคือค่าความถี่ไหล

ล้นน้อยที่สุด โดยแบบจำลองที่ได้จากโค้งควบคุมใหม่ของอ่างเก็บน้ำนำมาเปรียบเทียบกับโค้งควบคุมเดิม ดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ค่าโค้งควบคุมที่ได้จากค่าความถี่ล้นน้อยที่สุด

เดือน	URC	LRC	GA -Frequency excess release				IWO -Frequency excess release			
	URC-existing	LRC-existing	GA-Avg lower	GA-Avg upper	GA-Est lower	GA-Est upper	IWO-Avg lower	IWO-Avg upper	IWO-Est lower	IWO-Est upper
มกราคม	17.98	8.93	9.05	18.03	9.11	18.03	8.896	18.048	8.869	18.04
กุมภาพันธ์	17.75	7.85	7.76	17.6	7.68	17.73	7.816	17.812	7.768	17.794
มีนาคม	16.44	6.67	8.83	17.86	8.8	17.88	8.953	18.038	8.983	17.908
เมษายน	14.83	5.57	5.47	14.74	5.61	14.83	5.438	14.783	5.517	14.722
พฤษภาคม	13.02	4.47	4.52	13.07	4.32	12.92	4.459	13.026	4.54	12.928
มิถุนายน	12.11	4.49	4.45	11.93	4.62	12.2	4.421	11.902	4.454	12.284
กรกฎาคม	11.99	4.52	4.63	12.15	4.61	12.14	4.494	12.231	4.557	12.168
สิงหาคม	13.57	5.68	5.61	13.73	5.65	13.67	5.674	13.771	5.754	13.69
กันยายน	16.29	7.25	7.14	16.55	7.33	16.53	7.252	16.334	7.323	16.275
ตุลาคม	19.16	8.93	9.13	19.07	8.93	19.28	8.935	19.154	8.895	19.209
พฤศจิกายน	19.10	9.74	9.63	19.03	9.8	19.17	9.701	19.117	9.692	18.971
ธันวาคม	18.04	8.54	8.4	18.09	8.5	18.01	8.488	18.096	8.562	17.981

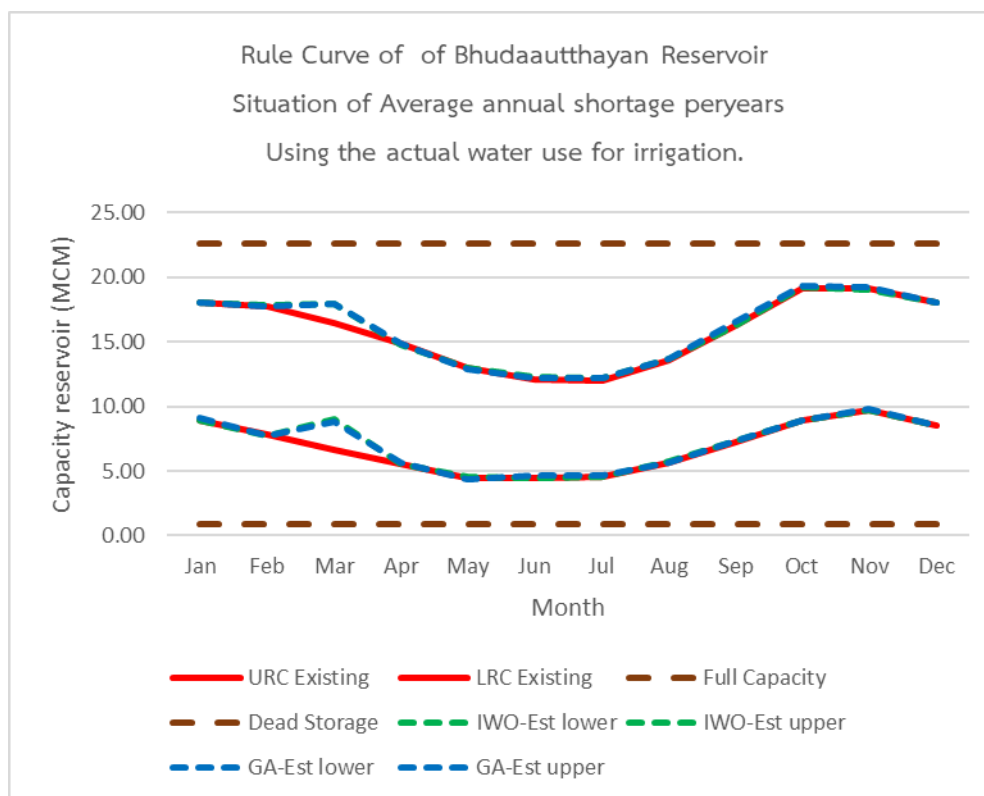
พหุ ประจักษ์ ชีวะ



ภาพประกอบ 14 โค้งควบคุมที่ได้จากค่าความถี่ไหลล้นน้อยที่สุด โดยใช้ค่าการใช้น้ำชลประทานแบบเฉลี่ย 13 ปี

ภาพประกอบ 14 แสดงโค้งควบคุมของอ่างเก็บน้ำพุทธอุทยาน ที่ได้จากแบบจำลองเทคนิควิธีการ (Invasive Weed Optimization Algorithm) พบว่าโค้งควบคุมที่ได้จากเทคนิควิธีการ IWO มีเส้นบนจะยกสูงกว่าเส้นเดิมมากในช่วงเดือนกุมภาพันธ์ถึงเดือนเมษายน ก็เพื่อรักษาปริมาณน้ำในอ่างไว้เพื่อป้องกันความเสี่ยงที่เกิดการขาดแคลนน้ำในฤดูแล้งถัดไป ส่วนโค้งควบคุมเส้นล่างจะยกสูงกว่าเส้นเดิมมากในช่วงเดือนกุมภาพันธ์ถึงเดือนเมษายน ซึ่งระดับของขอบเขตล่างนี้จะทำให้โอกาสที่จะปล่อยน้ำตามความต้องการใช้น้ำเป้าหมายมีมากขึ้น จึงลดปัญหาการขาดแคลนน้ำในช่วงเวลาดังกล่าวได้

พหุ ประจักษ์ ชีวะ



ภาพประกอบ 15 โค้งควบคุมที่ได้จากค่าความถี่ไหลล้นน้อยที่สุด โดยใช้ค่าการใช้น้ำชลประทานค่าจริง

ภาพประกอบ 15 แสดงโค้งควบคุมของอ่างเก็บน้ำพุทธอุทยาน ที่ได้จากแบบจำลองเทคนิควิธีการ (Invasive Weed Optimization Algorithm) พบว่าโค้งควบคุมที่ได้จากเทคนิควิธีการ IWO มีเส้นบนจะยกสูงกว่าเส้นเดิมมากในช่วงเดือนกุมภาพันธ์ถึงเดือนเมษายน ก็เพื่อรักษาปริมาณน้ำในอ่างไว้เพื่อป้องกันความเสี่ยงที่เกิดการขาดแคลนน้ำในฤดูแล้งถัดไป ส่วนโค้งควบคุมเส้นล่างจะยกสูงกว่าเส้นเดิมมากในช่วงเดือนกุมภาพันธ์ถึงเดือนเมษายน ซึ่งระดับของขอบเขตล่างนี้จะทำให้โอกาสที่จะปล่อยน้ำตามความต้องการใช้น้ำเป้าหมายมีมากขึ้น จึงลดปัญหาการขาดแคลนน้ำในช่วงเวลาดังกล่าวได้

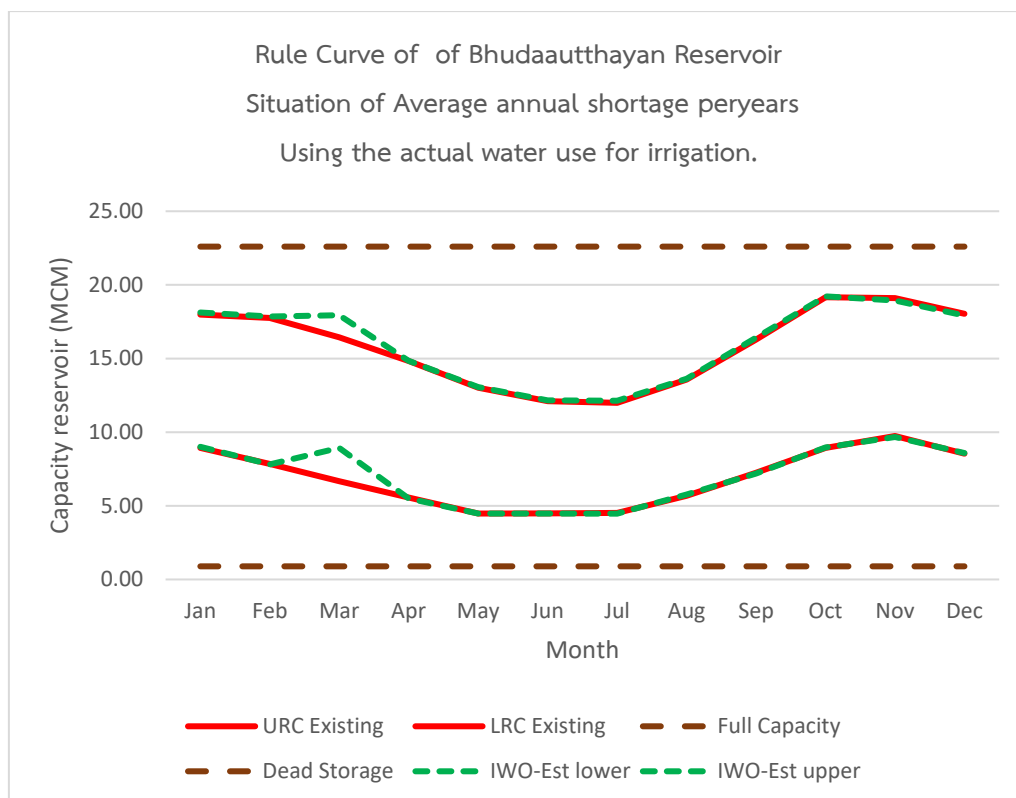
4.3 Rule curve จากฟังก์ชันวัตถุประสงค์ ค่าเฉลี่ยของการขาดแคลนนํ้าน้อยที่สุด

จากการประยุกต์ใช้แบบจำลองการจัดการน้ำได้นำวิธีการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดด้วยเทคนิควิธีการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดด้วยวิธีการ (Invasive Weed Optimization Algorithm) มาประยุกต์เพื่อปรับปรุงโค้งควบคุมของอ่างเก็บน้ำที่เหมาะสม ซึ่งใช้ข้อมูลย้อนหลัง ประกอบด้วย น้ำต้นทุนที่ไหลเข้าอ่างเก็บน้ำปริมาณความต้องการน้ำรายเดือนแต่ละกิจกรรมการใช้น้ำปี อัตราการระเหยเฉลี่ยรายเดือน ข้อมูลโค้งความสัมพันธ์ระหว่างระดับความสูง - พื้นที่ผิวน้ำ-ปริมาตรความจุของอ่างเก็บน้ำ

ข้อมูลปริมาตรต่ำสุด-สูงสุดของระดับน้ำเก็บกัก มีฟังก์ชันวัตถุประสงค์ของการค้นหาคือค่าเฉลี่ยของการขาดแคลนนํ้าน้อยที่สุด โดยแบบจำลองที่ได้จากโค้งควบคุมใหม่ของอ่างเก็บนํ้ามาเปรียบเทียบกับโค้งควบคุมเดิม ดังแสดงในตารางที่ 3 และภาพประกอบ 16 จากตารางและภาพประกอบจะเห็นว่า

ตารางที่ 3 ค่าโค้งควบคุมที่ได้จากค่าเฉลี่ยของการขาดแคลนนํ้าน้อยที่สุด

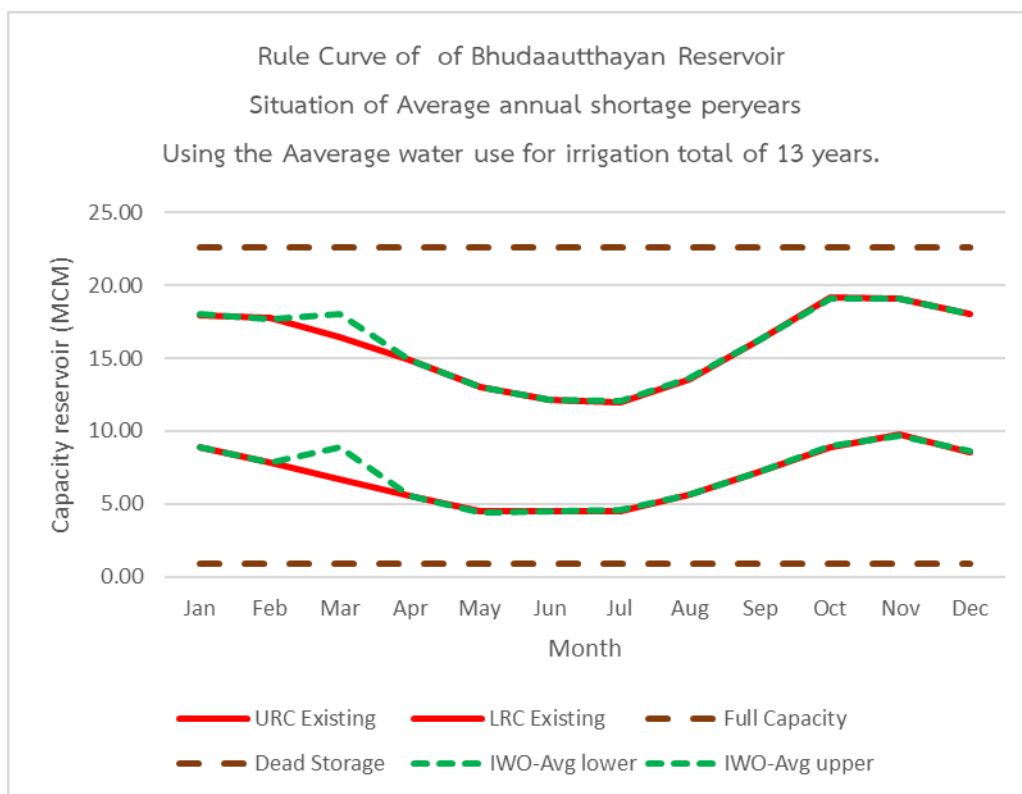
เดือน	URC	LRC	GA - Frequency_shortage		IWO -Frequency_shortage			
	U R C - existing	L R C - existing	S - URC - GA	S - LRC - GA	IWO-Avg lower	IWO-Avg upper	IWO-Est lower	I W O - E s t upper
มกราคม	17.98	8.93	N/A	N/A	8.862	18.017	9.007	18.127
กุมภาพันธ์	17.75	7.85	N/A	N/A	7.812	17.687	7.807	17.858
มีนาคม	16.44	6.67	N/A	N/A	8.922	18.002	8.933	17.942
เมษายน	14.83	5.57	N/A	N/A	5.592	14.886	5.498	14.84
พฤษภาคม	13.02	4.47	N/A	N/A	4.431	12.984	4.474	13.064
มิถุนายน	12.11	4.49	N/A	N/A	4.471	12.171	4.474	12.159
กรกฎาคม	11.99	4.52	N/A	N/A	4.579	12.059	4.467	12.135
สิงหาคม	13.57	5.68	N/A	N/A	5.652	13.626	5.771	13.622
กันยายน	16.29	7.25	N/A	N/A	7.259	16.298	7.194	16.418
ตุลาคม	19.16	8.93	N/A	N/A	9.023	19.081	8.964	19.22
พฤศจิกายน	19.10	9.74	N/A	N/A	9.7	19.092	9.672	18.94
ธันวาคม	18.04	8.54	N/A	N/A	8.586	18.064	8.584	17.916



ภาพประกอบ 16 โค้งควบคุมที่ได้จากค่าเฉลี่ยของการขาดแคลนนํ้าน้อยที่สุด โดยใช้ค่าการใช้นํ้าชลประทานแบบค่าจริง

ภาพประกอบ 16 แสดงโค้งควบคุมของอ่างเก็บน้ำพุธรอุทยาน ที่ได้จากแบบจำลองเทคนิควิธีการ (Invasive Weed Optimization Algorithm) พบว่าโค้งควบคุมที่ได้จากเทคนิควิธีการ IWO มีเส้นบนจะยกสูงกว่าเส้นเดิมมากในช่วงเดือนกุมภาพันธ์ถึงเดือนเมษายน ก็เพื่อรักษาปริมาณน้ำในอ่างไว้เพื่อป้องกันความเสี่ยงที่เกิดการขาดแคลนนํ้าในฤดูแล้งถัดไป ส่วนโค้งควบคุมเส้นล่างจะยกสูงกว่าเส้นเดิมมากในช่วงเดือนกุมภาพันธ์ถึงเดือนเมษายน ซึ่งระดับของขอบเขตล่างนี้จะทำให้โอกาสที่จะปล่อยน้ำตามความต้องการใช้นํ้าเป้าหมายมีมากขึ้น จึงลดปัญหาการขาดแคลนนํ้าในช่วงเวลาดังกล่าวได้

พูน ปณ จิต ชเว



ภาพประกอบ 17 โค้งควบคุมที่ได้จากค่าเฉลี่ยของการขาดแคลนนํ้าน้อยที่สุด โดยใช้ค่าการใช้นํ้าชลประทานแบบเฉลี่ย 13 ปี

ภาพประกอบ 17 แสดงโค้งควบคุมของอ่างเก็บน้ำพุทรอุทยาน ที่ได้จากแบบจำลองเทคนิควิธีการ (Invasive Weed Optimization Algorithm) พบว่าโค้งควบคุมที่ได้จากเทคนิควิธีการ IWO มีเส้นบนจะยกสูงกว่าเส้นเดิมมากในช่วงเดือนกุมภาพันธ์ถึงเดือนเมษายน ก็เพื่อรักษาปริมาณน้ำในอ่างไว้เพื่อป้องกันความเสี่ยงที่เกิดการขาดแคลนนํ้าในฤดูแล้งถัดไป ส่วนโค้งควบคุมเส้นล่างจะยกสูงกว่าเส้นเดิมมากในช่วงเดือนกุมภาพันธ์ถึงเดือนเมษายน ซึ่งระดับของขอบเขตล่างนี้จะทำให้โอกาสที่จะปล่อยน้ำตามความต้องการใช้นํ้าเป้าหมายมีมากขึ้น จึงลดปัญหาการขาดแคลนนํ้าในช่วงเวลาดังกล่าวได้

4.4 Rule curve จากฟังก์ชันวัตถุประสงค์ ค่าเฉลี่ยของการไหลล้นน้อยที่สุด

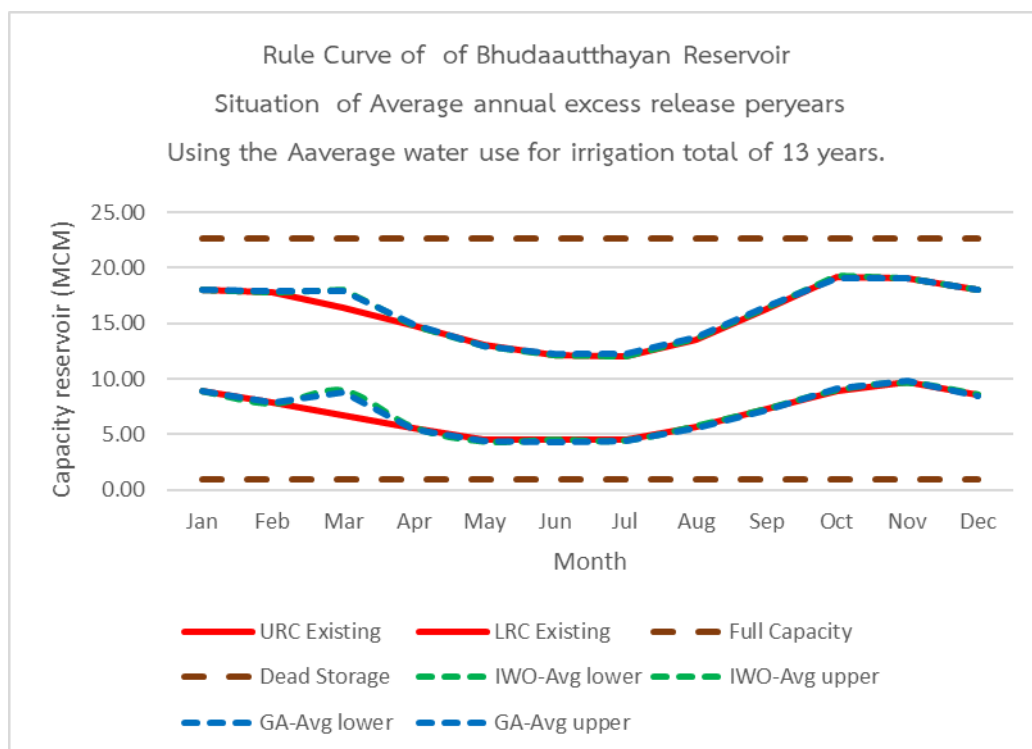
จากการประยุกต์ใช้แบบจำลองการจัดการน้ำได้นำวิธีการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดด้วยเทคนิควิธีการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดด้วยวิธีการ (Invasive Weed Optimization Algorithm) มาประยุกต์เพื่อปรับปรุงโค้งควบคุมของอ่างเก็บน้ำที่เหมาะสม ซึ่งใช้ข้อมูลย้อนหลัง ประกอบด้วย น้ำต้นทุนที่ไหลเข้าอ่างเก็บน้ำปริมาณความต้องการนํ้ารายเดือนแต่ละกิจกรรมการใช้นํ้าปี อัตราการระเหยเฉลี่ยรายเดือน ข้อมูลโค้งความสัมพันธ์ระหว่างระดับความสูง -พื้นที่ผิวนํ้า-ปริมาตรความจุของอ่างเก็บน้ำ

ข้อมูลปริมาตรต่ำสุด-สูงสุดของระดับน้ำเก็บกัก มีฟังก์ชันวัตถุประสงค์ของการค้นหาคือค่าเฉลี่ยของการไหลล้นน้อยที่สุด โดยแบบจำลองที่ได้จากโค้งควบคุมใหม่ของอ่างเก็บน้ำนำมาเปรียบเทียบกับโค้งควบคุมเดิม ดังแสดงในตารางที่ 4 และภาพประกอบ 18 จากตารางและภาพประกอบจะเห็นว่า

ตารางที่ 4 ค่าโค้งควบคุมที่ได้จากค่าเฉลี่ยของการไหลล้นน้อยที่สุด

เดือน	URC	LRC	GA -Frequency excess release				IWO -Frequency excess release			
	U R C - existing	L R C - existing	G A - A v g lower	G A - A v g upper	G A - E s t lower	G A - E s t upper	I W O - A v g lower	I W O - A v g upper	I W O - E s t lower	I W O - E s t upper
มกราคม	17.98	8.93	8.89	18.05	8.97	18.09	8.854	17.993	8.795	18.099
กุมภาพันธ์	17.75	7.85	7.9	17.95	7.73	17.93	7.753	17.743	7.788	17.95
มีนาคม	16.44	6.67	8.8	17.86	8.87	18.07	8.905	18.038	8.934	18.061
เมษายน	14.83	5.57	5.46	14.92	5.44	14.94	5.627	14.797	5.53	14.97
พฤษภาคม	13.02	4.47	4.38	12.99	4.48	13.19	4.372	12.975	4.403	13.19
มิถุนายน	12.11	4.49	4.31	12.27	4.49	12.28	4.534	12.094	4.494	12.3
กรกฎาคม	11.99	4.52	4.38	12.24	4.42	12.24	4.466	12.051	4.61	12.3
สิงหาคม	13.57	5.68	5.56	13.73	5.83	13.68	5.756	13.589	5.838	13.572
กันยายน	16.29	7.25	7.2	16.53	7.37	16.27	7.276	16.45	7.385	16.341
ตุลาคม	19.16	8.93	9.1	19.02	9.05	19.04	8.954	19.282	8.955	19.218
พฤศจิกายน	19.10	9.74	9.83	19.02	9.88	19.01	9.594	19.027	9.766	19.182
ธันวาคม	18.04	8.54	8.41	18.05	8.65	17.86	8.558	18.03	8.54	18.013

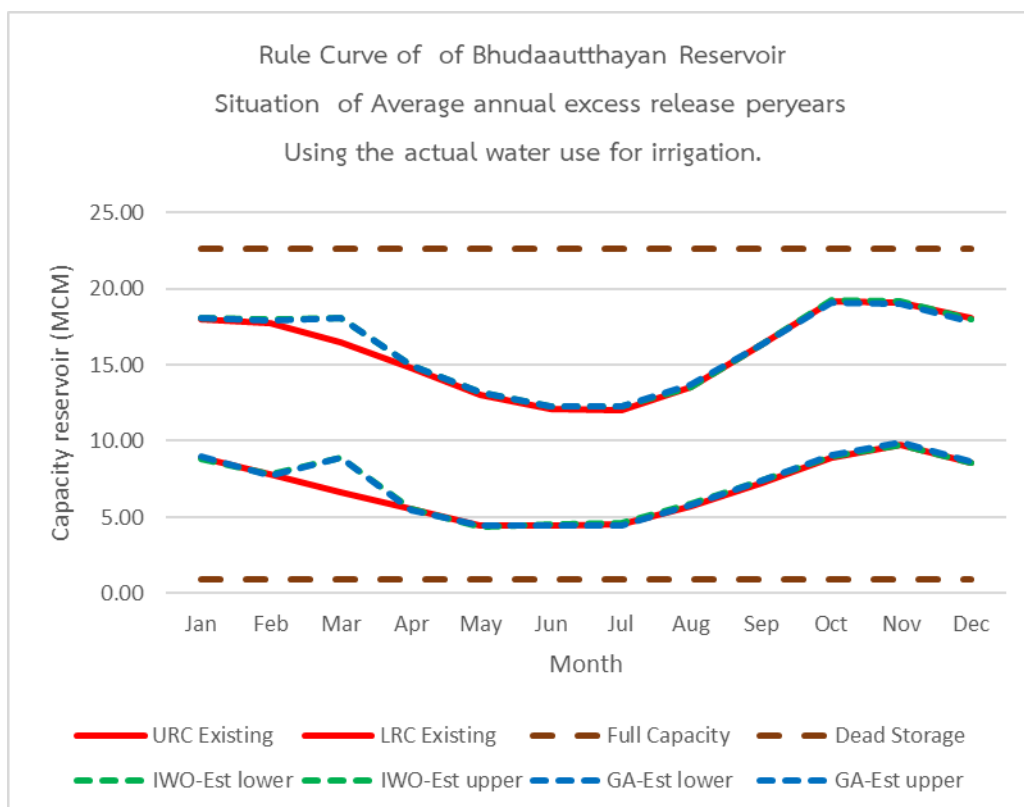
พหุ ประสิทธิภาพ



ภาพประกอบ 18 โค้งควบคุมที่ได้จากค่าเฉลี่ยของการไหลล้นน้อยที่สุด โดยใช้ค่าการใช้น้ำชลประทานแบบเฉลี่ย 13 ปี

ภาพประกอบ 18 แสดงโค้งควบคุมของอ่างเก็บน้ำพุทธอุทยาน ที่ได้จากแบบจำลองเทคนิควิธีการ (Invasive Weed Optimization Algorithm) พบว่าโค้งควบคุมที่ได้จากเทคนิควิธีการ IWO มีเส้นบนจะยกสูงกว่าเส้นเดิมมากในช่วงเดือนกุมภาพันธ์ถึงเดือนเมษายน ก็เพื่อรักษาปริมาณน้ำในอ่างไว้เพื่อช่วยให้เกิดการไหลล้นน้อยลงสามารถลดน้ำท่วมบริเวณท้ายน้ำได้ และยังป้องกันความเสี่ยงที่เกิดการขาดแคลนน้ำในฤดูแล้งถัดไป ส่วนโค้งควบคุมเส้นล่างจะยกสูงกว่าเส้นเดิมมากในช่วงเดือนกุมภาพันธ์ถึงเดือนเมษายน ซึ่งระดับของขอบเขตล่างนี้จะทำให้โอกาสที่จะปล่อยน้ำตามความต้องการใช้น้ำเป้าหมายมีมากขึ้น จึงลดปัญหาการขาดแคลนน้ำในช่วงเวลาดังกล่าวได้

พหุ ประถมศึกษา



ภาพประกอบ 19 โค้งควบคุมที่ได้จากค่าเฉลี่ยของการไหลล้นน้อยที่สุด โดยใช้ค่าการใช้น้ำชลประทาน
ค่าจริง

ภาพประกอบ 19 แสดงโค้งควบคุมของอ่างเก็บน้ำพุทธอุทยาน ที่ได้จากแบบจำลองเทคนิควิธีการ (Invasive Weed Optimization Algorithm) พบว่าโค้งควบคุมที่ได้จากเทคนิควิธีการ TOS มีเส้นบนจะยกสูงกว่าเส้นเดิมมากในช่วงเดือนพฤษภาคมถึงเดือนสิงหาคม ก็เพื่อรักษาปริมาณน้ำในอ่างไว้เพื่อช่วยให้เกิดการไหลล้นน้อยลงสามารถลดน้ำท่วมบริเวณท้ายน้ำได้ และยังป้องกันความเสี่ยงที่เกิดการขาดแคลนน้ำในฤดูแล้งถัดไป ส่วนโค้งควบคุมเส้นล่างจะอยู่ใกล้โค้งควบคุมเส้นเดิม โดยเฉพาะอย่างยิ่งในช่วงฤดูแล้ง (เดือนมกราคมถึงเดือนเมษายน) ซึ่งระดับของขอบเขตล่างนี้จะทำให้โอกาสที่จะปล่อยน้ำตามความต้องการใช้น้ำเป้าหมายมีมากขึ้น จึงลดปัญหาการขาดแคลนน้ำในช่วงเวลาดังกล่าวได้

โดยสรุปโค้งควบคุมใหม่ที่ได้จากแบบจำลองเทคนิควิธีการ (Invasive Weed Optimization Algorithm) มีความเหมาะสมที่จะใช้ได้ในทางปฏิบัติ และยังสามารถลดค่าความถี่การขาดแคลนน้ำน้อยที่สุด ค่าความถี่การไหลล้นน้อยที่สุด ค่าเฉลี่ยการขาดแคลนนํ้าน้อยที่สุดและค่าเฉลี่ยการไหลล้นน้อยที่สุด จากโค้งควบคุมอ่างเดิม

4.5 ผลการประเมินประสิทธิภาพโค้งควบคุมอ่างเก็บน้ำ

การประเมินประสิทธิภาพโค้งควบคุมอ่างเก็บน้ำ มีวัตถุประสงค์เพื่อเป็นการทดสอบการทำงานของโค้งควบคุมเพื่อที่จะรู้ถึงผลลัพธ์ว่าสามารถรองรับกับสถานการณ์น้ำที่เปลี่ยนแปลงเนื่องจากความไม่แน่นอนต่าง ๆ ไม่ว่าจะเป็นช่วงเวลาในอดีตที่ผ่านมา วิธีการประเมินจะเป็นการหาคำตอบของความถี่ในการขาดแคลนน้ำ ความถี่ในการไหลล้น ปริมาณเฉลี่ย และช่วงเวลาของการเกิดสถานการณ์ โดยเปรียบเทียบการทำงานของโค้งควบคุมใหม่กับโค้งควบคุมที่ใช้อยู่ปัจจุบัน สำหรับเหตุการณ์ที่นำมาทดสอบโค้งควบคุมโดยจะสังเคราะห์ร่วมกับสถานการณ์ปริมาณน้ำท่าในอดีต มีข้อมูลย้อนหลัง 13 ปี ตั้งแต่ปี 2554-2566 โดยจะสังเคราะห์ปริมาณน้ำจากข้อมูลในอดีต จำนวน 500 ชุด เหตุการณ์ ผลการประเมินได้แสดงดังต่อไปนี้

ตารางที่ 5 สถานการณ์การขาดแคลนน้ำและการไหลล้นของน้ำในอ่างเก็บน้ำพุทธอุทยานจากการพิจารณาข้อมูลปริมาณน้ำไหลเข้าในอดีตที่จำลองไว้จำนวน 13 ปี สำหรับ 500 ตัวอย่าง โดยใช้ข้อมูลการใช้น้ำจริงเพื่อการชลประทาน

สถานการณ์การขาดแคลนน้ำและการไหลล้นของน้ำในอ่างเก็บน้ำพุทธอุทยาน											
จากการพิจารณาข้อมูลปริมาณน้ำไหลเข้าในอดีตที่จำลองไว้จำนวน 13 ปี สำหรับ 500 ตัวอย่าง โดยใช้ข้อมูลการใช้น้ำจริงเพื่อการชลประทาน											
โค้งควบคุมอ่างเก็บน้ำ	μ = ค่าเฉลี่ย σ = ส่วน เบี่ยงเบนมาตรฐาน	การขาดแคลนน้ำ					การไหลล้น				
		ความถี่ (ครั้ง/ปี) (B)	ปริมาณเฉลี่ย (ล้านลูกบาศก์ เมตร) (E)	ปริมาณมากที่สุด (ล้านลูกบาศก์ เมตร) (D)	ระยะเวลาเฉลี่ย (ปี) (C)	ระยะเวลามาก ที่สุด (ปี) (F)	ความถี่ (ครั้ง/ปี) (G)	ปริมาณเฉลี่ย (ล้านลูกบาศก์ เมตร) (H)	ปริมาณมากที่สุด (ล้านลูกบาศก์ เมตร) (I)	ระยะเวลาเฉลี่ย (ปี) (J)	ระยะเวลามาก ที่สุด (ปี) (K)
Existing	μ	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.90	1.08	7.20	6.89	8.87
	σ	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.08	0.13	0.44	3.63	2.96
GA-Excess	μ	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.90	1.06	7.00	6.87	8.85
	σ	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.08	0.13	0.45	3.66	2.98
GA-Frequency_Excess	μ	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.90	1.07	7.10	6.86	8.83
	σ	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.08	0.13	0.44	3.63	2.98
IWO-Shortage	μ	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.90	1.07	7.11	6.93	8.89
	σ	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.08	0.13	0.44	3.66	2.97
IWO-Excess	μ	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.89	1.06	6.95	6.78	8.75
	σ	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.08	0.13	0.44	3.64	2.99
IWO-Frequency_Shortage	μ	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.90	1.09	7.28	6.84	8.84
	σ	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.08	0.13	0.44	3.62	2.96
IWO-Frequency_Excess	μ	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.89	1.07	7.08	6.73	8.75
	σ	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.08	0.13	0.44	3.59	2.96

จากตารางที่ 5 จากข้อมูล 13 ปีข้อมูลพบว่าในทุกโค้งกฎปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำ (Rule Curve) ไม่มีการขาดแคลน โค้งกฎปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำ (Rule Curve) เดิมมีน้ำไหลส่วนเกินใน 1 ปี คือ 1.08 ล้าน ลบ.ม. และมีน้ำไหลส่วนเกินมากที่สุดคือ 7.2 ล้าน ลบ.ม. ในส่วนของโค้งกฎปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำที่ได้จากเทคนิควิธีการ IWO ให้ผลดังนี้คือ มีน้ำไหลส่วนเกิน 1.09 ล้าน ลบ.ม. และมีน้ำไหลส่วนเกินมากที่สุดคือ 7.28 ล้าน ลบ.ม. ส่วนเทคนิควิธีการ GA ให้ผลดังนี้คือ มีน้ำไหลส่วนเกิน 1.07 ล้าน ลบ.ม. และมีน้ำไหลส่วนเกินมากที่สุดคือ 7.1 ล้าน ลบ.ม. สามารถอธิบายได้ว่าเทคนิควิธีการ IWO นั้นมีประสิทธิภาพใกล้เคียงโค้งควบคุมที่ใช้เทคนิควิธีการ GA ในฟังก์ชันวัตถุประสงค์อื่นๆ และมี

ประสิทธิภาพดีกว่าโค้งควบคุมเดิม จึงเหมาะสมกับเหตุการณ์สถานการณ์น้ำปกติ สามารถลดการไหลล้นได้ดีกว่าโค้งควบคุมที่ใช้งานอยู่ในปัจจุบัน

ตารางที่ 6 สถานการณ์การขาดแคลนน้ำและการไหลล้นของน้ำในอ่างเก็บน้ำพุทธอุทยานจากการพิจารณาข้อมูลปริมาณน้ำไหลเข้าในอดีตที่จำลองไว้จำนวน 13 ปี สำหรับ 500 ตัวอย่าง โดยใช้ปริมาณการใช้น้ำเพื่อการชลประทานเฉลี่ยรวม 13 ปี

สถานการณ์การขาดแคลนน้ำและการไหลล้นของน้ำในอ่างเก็บน้ำพุทธอุทยาน											
จากการพิจารณาข้อมูลปริมาณน้ำไหลเข้าในอดีตที่จำลองไว้จำนวน 13 ปี สำหรับ 500 ตัวอย่าง โดยใช้ปริมาณการใช้น้ำเพื่อการชลประทานเฉลี่ยรวม 13 ปี											
โค้งควบคุมอ่างเก็บน้ำ	μ = ค่าเฉลี่ย σ = ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	การขาดแคลนน้ำ					การไหลล้น				
		ความถี่ (ครั้ง/ปี) (B)	ปริมาณเฉลี่ย (ล้านลูกบาศก์เมตร) (E)	ปริมาณมากที่สุด (ล้านลูกบาศก์เมตร) (D)	ระยะเวลาเฉลี่ย (ปี) (C)	ระยะเวลามากที่สุด (ปี) (F)	ความถี่ (ครั้ง/ปี) (G)	ปริมาณเฉลี่ย (ล้านลูกบาศก์เมตร) (H)	ปริมาณมากที่สุด (ล้านลูกบาศก์เมตร) (I)	ระยะเวลาเฉลี่ย (ปี) (J)	ระยะเวลามากที่สุด (ปี) (K)
Existing	μ	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.90	1.09	7.35	7.25	9.04
	σ	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.08	0.13	0.44	3.84	3.07
GA-Excess_Avg Irr	μ	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.90	1.07	7.09	7.30	9.04
	σ	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.09	0.13	0.44	3.86	3.08
GA-Frequency_Excess_Avg Irr	μ	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.91	1.09	7.33	7.67	9.40
	σ	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.08	0.13	0.39	3.81	2.97
IWO-Shortage_Avg Irr	μ	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.90	1.08	7.28	7.23	9.01
	σ	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.09	0.13	0.44	3.85	3.07
IWO-Excess_Avg Irr	μ	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.90	1.08	7.28	7.37	9.12
	σ	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.08	0.13	0.44	3.88	3.07
IWO-Frequency_Shortage_Avg Irr	μ	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.90	1.08	7.23	7.42	9.16
	σ	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.09	0.13	0.44	3.88	3.08
IWO-Frequency_Excess_Avg Irr	μ	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.91	1.09	7.33	7.45	9.25
	σ	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.08	0.13	0.37	3.74	2.93

จากตารางที่ 6 จากข้อมูล 13 ปีข้อมูล พบว่าในทุกโค้งกฎปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำ (Rule Curve) ไม่มีการขาดแคลน โค้งกฎปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำ (Rule Curve) เดิมมีน้ำไหลส่วนเกินใน 1 ปี คือ 1.09 ล้าน ลบ.ม. และมีน้ำไหลส่วนเกินมากที่สุดคือ 7.35 ล้าน ลบ.ม. ในส่วนของโค้งกฎปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำที่ได้จากเทคนิควิธีการ IWO ให้ผลดังนี้คือ มีน้ำไหลส่วนเกิน 1.09 ล้าน ลบ.ม. และมีน้ำไหลส่วนเกินมากที่สุดคือ 7.28 ล้าน ลบ.ม. ส่วนเทคนิควิธีการ GA ให้ผลดังนี้คือ มีน้ำไหลส่วนเกิน 1.07 ล้าน ลบ.ม. และมีน้ำไหลส่วนเกินมากที่สุดคือ 7.33 ล้าน ลบ.ม. สามารถอธิบายได้ว่าเทคนิควิธีการ IWO นั้นมีประสิทธิภาพใกล้เคียงโค้งควบคุมที่ใช้เทคนิควิธีการ GA ในฟังก์ชันวัตถุประสงค์อื่นๆ และมีประสิทธิภาพดีกว่าโค้งควบคุมเดิม จึงเหมาะสมกับเหตุการณ์สถานการณ์น้ำปกติ สามารถลดการไหลล้นได้ดีกว่าโค้งควบคุมที่ใช้งานอยู่ในปัจจุบัน

บทที่ 5

สรุปผลและข้อเสนอแนะ

บทจะนำเสนอการสรุปผลการศึกษาตามวัตถุประสงค์ของการวิจัย และแสดงข้อเสนอแนะสำหรับการนำไปศึกษาต่อยอดในอนาคต รายละเอียดสามารถแสดงได้ดังต่อไปนี้

5.1 ผลการสร้างโค้งควบคุมที่เหมาะสม

บทนี้จะเป็นการสรุปถึงผลของการศึกษาการประยุกต์วิธีการเทคนิควิธีการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดด้วยวิธีการ (Invasive Weed Optimization Algorithm) ปรับปรุงโค้งควบคุมของอ่างเก็บน้ำพุธรอุทยาน จังหวัดอำนาจเจริญ สามารถสรุปได้ดังนี้

ผลการสร้างโค้งควบคุมโดยใช้ข้อมูลน้ำท่าในอดีต พบว่า โค้งควบคุมใหม่ที่ได้จากการค้นหาด้วยเทคนิควิธีการ Invasive Weed Optimization Algorithm ของอ่างเก็บน้ำพุธรอุทยาน ทั้ง 4 ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ และค่าการใช้น้ำเพื่อการชลประทานแบบค่าจริงและค่าเฉลี่ย พบว่ามีประสิทธิภาพดีกว่าโค้งควบคุมเดิม กล่าวคือเส้นล่างของโค้งควบคุมจะอยู่ใกล้โค้งควบคุมเส้นเดิมซึ่งระดับของขอบเขตล่างนี้จะทำให้โอกาสที่จะปล่อยน้ำตามความต้องการใช้น้ำเป้าหมายมีมากขึ้น จึงลดปัญหาสถานการณ์การขาดแคลนน้ำและตอบสนองความต้องการใช้น้ำในเขตพื้นที่ชลประทานได้มากกว่าโค้งควบคุมเดิม ที่ใช้อยู่ในสถานการณ์ปัจจุบัน ส่วนเส้นบนของโค้งควบคุมมีค่าสูงกว่าโค้งเดิม ทำให้สามารถเพิ่มปริมาณการเก็บกักน้ำได้มากขึ้น เพื่อลดปัญหาสถานการณ์การไหลล้นได้มากกว่าโค้งควบคุมเดิม ที่ใช้อยู่ในสถานการณ์ปัจจุบัน

5.2 ผลการสร้างโค้งควบคุมที่เหมาะสม

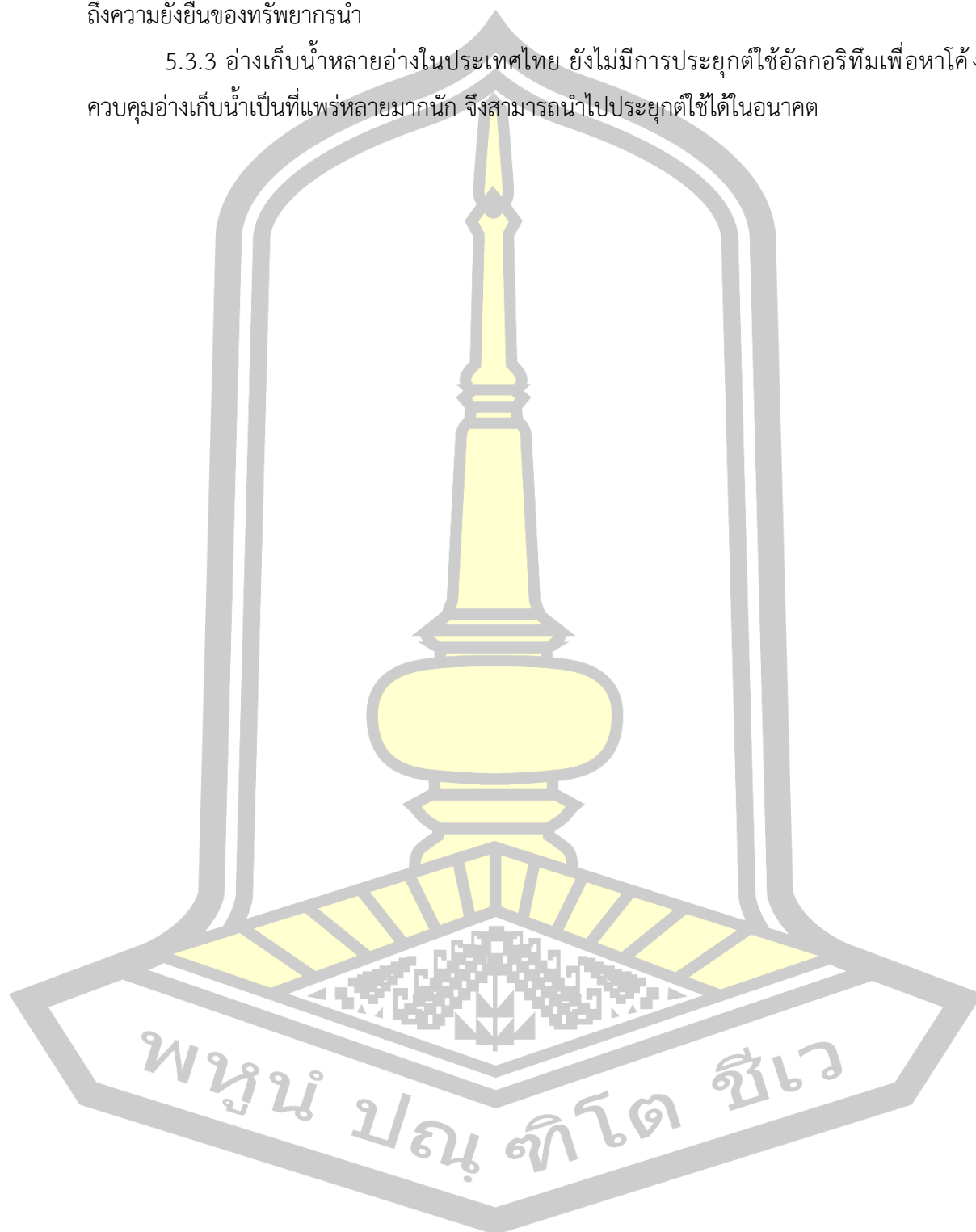
ผลการประเมินประสิทธิภาพโดยใช้ข้อมูลน้ำท่าสังเคราะห์ พบว่า อ่างเก็บน้ำพุธรอุทยาน สถานการณ์ขาดแคลนน้ำ พบว่า (Invasive Weed Optimization Algorithm) มีค่าเฉลี่ยการขาดแคลนนํ้าน้อยที่สุด นั้นมีประสิทธิภาพที่ดีกว่า สามารถลดการขาดแคลนน้ำดีกว่าโค้งควบคุมเดิม ส่วนสถานการณ์การไหลล้น พบว่า (Invasive Weed Optimization Algorithm) มีค่าเฉลี่ยการไหลล้นนํ้าน้อยที่สุด นั้นมีประสิทธิภาพที่ดีกว่า สามารถลดการไหลล้นดีกว่าโค้งควบคุมเดิม

5.3 ข้อเสนอแนะ

5.3.1 ในการค้นหาโค้งควบคุมอ่างเก็บน้ำ ข้อมูลที่ใช้ในการคำนวณเป็นข้อมูลในอดีต ซึ่งในปัจจุบันสภาพภูมิอากาศ และปัจจัยต่างๆ มีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว ดังนั้น ควรมีการพิจารณาปัจจัยต่างๆ ให้หลากหลายมิติ และควรปรับปรุงโค้งควบคุมอ่างเก็บน้ำ เป็นระยะ เพื่อให้สามารถบรรเทาสถานการณ์น้ำในช่วงเวลานั้นๆได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น

5.3.2 ควรศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับผลกระทบระยะยาวที่เกิดจากการปรับโครงสร้างควบคุมเพื่อยืนยันถึงความยั่งยืนของทรัพยากรน้ำ

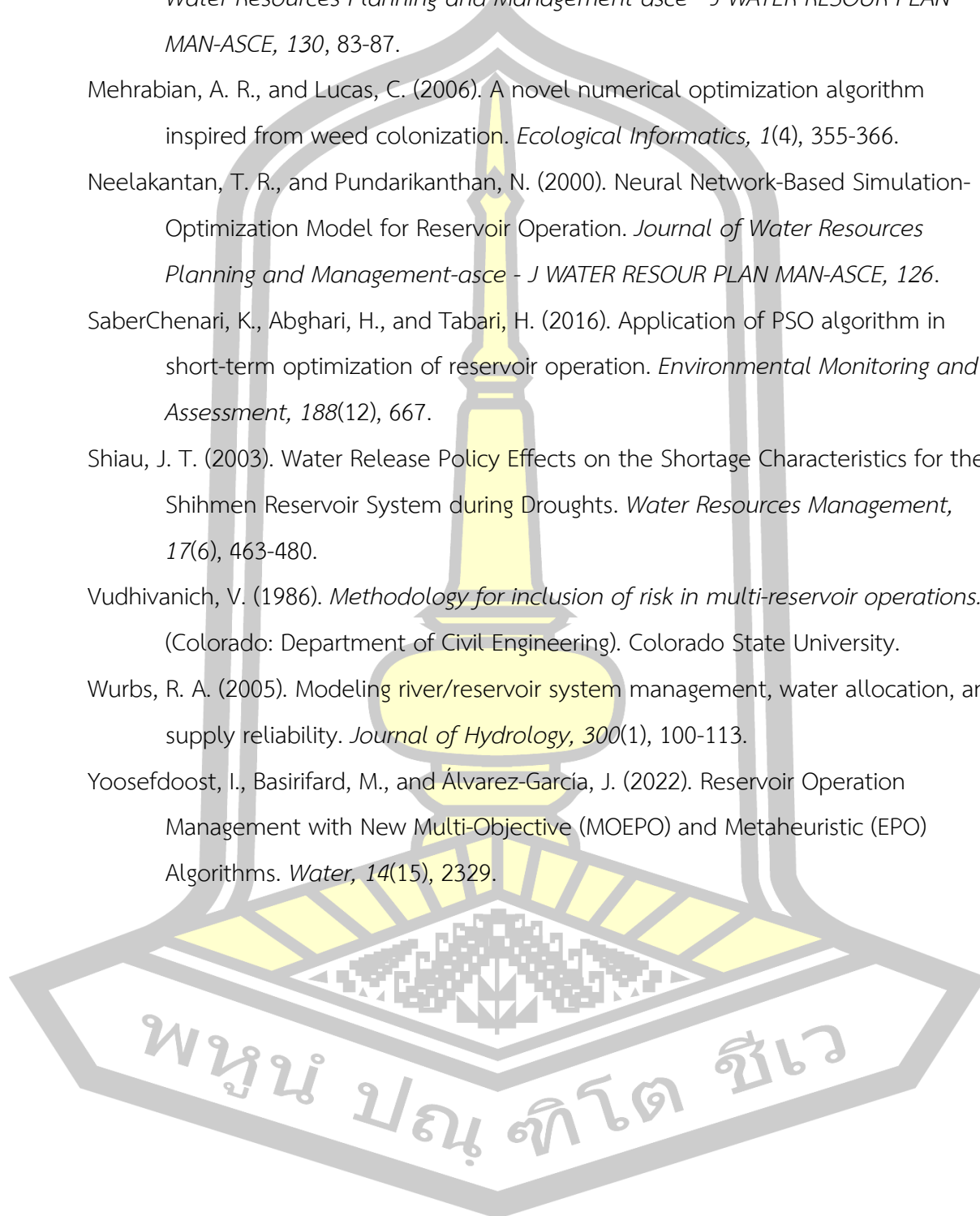
5.3.3 อ่างเก็บน้ำหลายอ่างในประเทศไทย ยังไม่มีการประยุกต์ใช้อัลกอริทึมเพื่อหาได้ังควบคุมอ่างเก็บน้ำเป็นทีแพร่หลายมากนัก จึงสามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้ในอนาคต



บรรณานุกรม

- ธีรเจตส์ ไชยสอน. (2565). การประยุกต์ใช้วิธีฮาร์โมนีเชิงรีซอร์ซเพื่อปรับปรุงโครงสร้างของอ่างเก็บน้ำ คณะ
วิศวกรรมศาสตร์มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.
- ผศ.ดร.อารียา ฤทธิมา. (2560). การปฏิบัติงานอ่างเก็บน้ำ.
- ผศ.ดร.อารียา ฤทธิมา. (2561). เอกสารประกอบการสอนอุทกวิทยา. คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล.
- มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. (2560). ความรู้กระแสน้ำ.
- สำนักอนุรักษ์และฟื้นฟูแหล่งน้ำ กรมทรัพยากรน้ำ. (2564a). กระบวนการเกิดน้ำท่า. สืบค้นจาก
<https://division.dwr.go.th/wrdd2/index.php/2022-03-22-13-32-59/2016-07-11-07-21-48/16-water-cycle>
- สำนักอนุรักษ์และฟื้นฟูแหล่งน้ำ กรมทรัพยากรน้ำ. (2564b). วัฏจักรจักรของน้ำ (Water cycle). สืบค้นจาก
<https://division.dwr.go.th/wrdd2/index.php/2022-03-22-13-32-59/2016-07-11-07-21-48/16-water-cycle>
- อนงค์ฤทธิ์ แข็งแรง. (2563). การหาค่าเหมาะที่สุดขั้นสูงสำหรับการจัดการน้ำ. คณะวิศวกรรมศาสตร์มหาวิทยาลัย
มหาสารคาม.
- โอฬาร เวศอุไร. (2548). ข้อมูลระดับความสูงเชิงเลข DEM (*Digital Elevation Model*).
- Arnold et al. (1998). แบบจำลองการไหลของน้ำบนผิวดิน *SWAT Model*.
- Asgari, H.-R., Haddad, O. B., Pazoki, M., and Loáiciga, H. A. (2016). Weed Optimization
Algorithm for Optimal Reservoir Operation. *Journal of Irrigation and Drainage
Engineering*, 142(2), 04015055.
- Azizipour, M., Ghalenoei, V., Afshar, M. H., and Solis, S. S. (2016). Optimal Operation of
Hydropower Reservoir Systems Using Weed Optimization Algorithm. *Water
Resources Management*, 30(11), 3995-4009.
- Bayazit, M., and Önöz, B. (2005). Probabilities and return periods of multisite
droughts/Probabilités et périodes de retour de sécheresses multi-sites.
Hydrological Sciences Journal/Journal des Sciences Hydrologiques, 50, 615.
- Bozorg-Haddad, O., Yari, P., Delpasand, M., and Chu, X. (2022). Reservoir operation
under influence of the joint uncertainty of inflow and evaporation. *Environment,
Development and Sustainability*, 24(2), 2914-2940.

- Draper, A., and Lund, J. (2004). Optimal Hedging and Carryover Storage Value. *Journal of Water Resources Planning and Management-asce - J WATER RESOUR PLAN MAN-ASCE*, 130, 83-87.
- Mehrabian, A. R., and Lucas, C. (2006). A novel numerical optimization algorithm inspired from weed colonization. *Ecological Informatics*, 1(4), 355-366.
- Neelakantan, T. R., and Pundarikanthan, N. (2000). Neural Network-Based Simulation-Optimization Model for Reservoir Operation. *Journal of Water Resources Planning and Management-asce - J WATER RESOUR PLAN MAN-ASCE*, 126.
- SaberChenari, K., Abghari, H., and Tabari, H. (2016). Application of PSO algorithm in short-term optimization of reservoir operation. *Environmental Monitoring and Assessment*, 188(12), 667.
- Shiau, J. T. (2003). Water Release Policy Effects on the Shortage Characteristics for the Shihmen Reservoir System during Droughts. *Water Resources Management*, 17(6), 463-480.
- Vudhivanich, V. (1986). *Methodology for inclusion of risk in multi-reservoir operations*. (Colorado: Department of Civil Engineering). Colorado State University.
- Wurbs, R. A. (2005). Modeling river/reservoir system management, water allocation, and supply reliability. *Journal of Hydrology*, 300(1), 100-113.
- Yoosefdoost, I., Basirifard, M., and Álvarez-García, J. (2022). Reservoir Operation Management with New Multi-Objective (MOEPO) and Metaheuristic (EPO) Algorithms. *Water*, 14(15), 2329.



ประวัติผู้เขียน

ชื่อ	นางสาว ปิ่นมณี พรหมอาร์ักษ์
วันเกิด	2 เมษายน 2539
สถานที่เกิด	อ.ธาตุพนม จ.นครพนม
สถานที่อยู่ปัจจุบัน	111 หมู่ 1 ต.หนองย่างชั้น อ.เรณูนคร จ.นครพนม 48170
ตำแหน่งหน้าที่การงาน	วิศวกรชลประทาน
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	โครงการชลประทานมุกดาหาร สังกัดงานชลประทานที่ 7 กรมชลประทาน
ประวัติการศึกษา	ปริญญาตรี คณะวิศวกรรมศาสตร์ สาขาวิศวกรรมโยธา - ชลประทาน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

